CUPRINS

UI 1
CAPITOLUL 1. OBIECTUL AGROCHIMIEI CA ŞTIINŢĂ ..... …....5

UI 2
CAPITOLUL 2. BAZELE AGROCHIMICE ALE FERTILIZĂRII ÎN RAPORT CU CERINŢELE PLANTELOR 9

UI 3
CAPITOLUL 3. SOLUL CA MEDIU DE NUTRIŢIE PENTRU PLANTE ŞI UTILIZAREA ÎNGRĂŞĂMINTE-
LOR (I) 16

UI 4
CAPITOLUL 3. SOLUL CA MEDIU DE NUTRIŢIE PENTRU PLANTE ŞI UTILIZAREA ÎNGRĂŞĂMINTELOR
(II) 23

UI 5
CAPITOLUL 4. REACŢIA SOLULUI ŞI CORECTAREA EI PRIN AMENDAMENTE (I)..... 29

UI 6
CAPITOLUL 4. REACŢIA SOLULUI ŞI CORECTAREA EI PRIN AMENDAMENTE (II)..... 38

UI 7
CAPITOLUL 5. ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (I) 44

UI 8
CAPITOLUL 5. ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (II) 57

UI 9
CAPITOLUL 5. ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (III) 68

UI 10
CAPITOLUL 5. ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (IV)..... 76

UI 11
CAPITOLUL 5. ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (V)..... 88

UI 12
CAPITOLUL 6. CONTROLUL STĂRII DE FERTILITATE A SOLURILOR PRIN METODE AGROCHIMICE … 102

UI 13
CAPITOLUL 6. CONTROLUL STĂRII DE FERTILITATE A SOLURILOR PRIN METODE AGROCHIMICE 115

UI 14
CAPITOLUL 7. UTILIZAREA RAȚIONALĂ A ÎNGRĂȘĂMINTELOR ÎN AGRICULTURĂ 124

BIBLIOGRAFIE 148

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 1

OBIECTUL AGROCHIMIEI CA ŞTIINŢĂ

Cuvinte cheie: agrochimie, sol, îngrășăminte, plante, legi agrochimice

Rezumat: *Agrochimia este o ştiinţă interdisciplinară care studiază relaţiile de interdependenţă dintre plantă, sol, îngrăşăminte în scopul dirijării acestora prin intervenţia factorului uman, pentru obţinerea de recolte ridicate, de calitate şi stabile.*

Agrochimia dispune de principii şi legităţi specifice pe care se bazează relaţiile celor două sisteme sol-plantă şi pe baza cărora omul poate dirija procesul de nutriţie a plantelor în scopul obţinerii de recolte ridicate, stabile şi de calitate în condiţiile menţinerii echilibrelor de mediu. Acest lucru este posibil în cadrul sistemelor de agricultură durabilă prin adoptarea unor tehnologii sustenabile de cultivare a plantelor.

În contextul societăţii contemporane, agrochimiei, îi revine sarcina de a studia relaţiile sol-plantă-îngrăşăminte, în vederea asigurării unui mediu optim de nutriţia plantelor, pentru obţinerea de produse vegetale de calitate, în cantităţi ridicate şi în condiţiile menţinerii echilibrelor de mediu.

Durata medie de parcurgere a unității de învățare este de 2 ore.

1.1. Principii şi legi utilizate în agrochimie

Un timp îndelungat, caracteristic perioadei antice, în cadrul practicilor agricole specifice civilizaţiilor înfloritoare ale acelor vremuri erau utilizate diferite produse pentru refacerea fertilităţii solului precum: îngrăşămintele organice, marna, varul şi cenuşa, RUSU şi col. (2005).

Cunoştinţele acumulate de-a lungul timpului privind solul ca mediu de nutriţie, regimul elementelor nutritive la nivel secvenţial sol-plantă în contextul circuitului global al acestora, precum şi alte informaţii în acest domeniu al chimismului elementelor primare ale universului, au facilitat un nivel superior de înţelegere a fenomenelor şi proceselor respective conducând la elaborarea unor teorii, legi şi principii care se integrează, ca funcţionalitate, în concepţia sistemică.

Agrochimia poate fi privită şi abordată ca ştiinţă interdisciplinară complexă, care integrează concepte, cunoştinţe şi relaţii biologice, chimice şi tehnologice referitoare la nutriţia plantelor.

Ca ştiinţă biologică, agrochimia studiază şi analizează organismul vegetal, respectiv plantele de cultură, sub aspectul stării de nutriţie a acestora cu elemente nutritive.

Cercetările în domeniu şi literatura de specialitate, Peter 1980, citat de Lixandru şi col. 1990, menţionează faptul că peste 40% din suma sporurilor de recoltă, generate de factorii controlaţi de om în cadrul agroecosistemelor, provine din aplicarea îngrăşămintelor şi amendamentelor.

Ca ştiinţă chimică, agrochimia studiază şi cercetează solul, ca mediu ce cultură a plantelor, sub aspectul însuşirilor fizico-chimice, în legătură cu utilizarea raţională a amendamentelor şi îngrăşămintelor, având capacitatea de a elabora metode proprii de investigare. De asemenea studiază şi cercetează diferitele substanţe nutritive pentru plante (îngrăşămintele chimice şi organice naturale sau de sinteză) în vederea caracterizării acestora şi recomandării lor în conformitate cu condiţiile pedoclimatice şi plantele de cultură.

Ca ştiinţă tehnologică furnizează soluţii pentru corectarea mediului de nutriţie a plantelor sub aspectul reacţiei, a conţinutului în elemente nutritive, a sortimentelor de produse agrochimice (amendamente, îngrăşăminte organice şi minerale ş.a.) recomandate în această direcţie.

Pe parcursul timpului, acumularea de cunoştinţe privind relaţiile de interdependenţă sol-plantă au condus la formularea unor principii şi legităţi, a căror cunoaştere poate servi la dirijarea controlată a nutriţiei plantelor în vederea obţinerii unor recolte ridicate, stabile şi de calitate.

Principiul restituirii elementelor nutritive exportate odată cu recolta. A fost formulat de Boussingaul şi fundamentat de Justus von Liebig în sec. al XIX-lea şi se referă la faptul că plantele de cultură consumând elementele nutritive din sol pentru formarea recoltei epuizează solul în acele elemente care sunt îndepărtate de pe suprafaţa respectivă odată cu recolta, ceea ce conduce în timp la reducerea fertilităţii solului. A apărut deci idea necesităţii restituirii elementelor nutritive către sol, la vremea respectivă sub formă de cenuşă, care conţinea într-o formă minerală toate elementele nutritive, cu excepţia azotului, clorului şi sulfului.

Astăzi nu se poate concepe cultivarea plantelor fără utilizarea resurselor fertilizante, organice sau minerale, în raport cu cerinţele de nutriţie a culturilor şi factorii pedoclimatici şi culturali care determină procesul de producţie respectiv.

Legea minimului, a maximului şi a optimului. A fost formulată de H. Hellriegel (1831-1895), potrivit căreia dacă unul din factorii de vegetaţie se află în cantitate minimă ori lipseşte, dezvoltarea plantelor şi implicit nivelul recoltelor depinde de starea acestuia.

Referitor la elementele nutritive din sol, creşterea şi dezvoltarea plantelor şi deci nivelul recoltelor va depinde de elementul care se află în cantitatea cea mai mică, o reprezentare plastică fiind redată de butoiul de lemn cu doagele de înălţimi diferite – *doaga cea mai mică va determina nivelul maxim al lichidului în butoi ↔ la fel elementul nutritiv din sol în cantitatea cea mai mică va determina nivelul recoltei*, fig. 1.1.

Completarea elementului nutritiv deficitar în sol va conduce la creşterea recoltei până ce un alt element nutritiv va ajunge să limiteze recolta.

Legea minimului este asociată cu legea maximului, potrivit căreia dacă un element nutritiv se află în cantitate prea mare el influenţează negativ creşterea plantelor (exemplu excesul ionilor de Na^+, Al^{3+} ş.a.). Între nivelul minim şi cel maxim există un domeniu de optim, care asigură cea mai bună dezvoltare a plantelor.

De aici decurge necesitatea cunoaşterii rolului elementelor nutritive în viaţa plantelor, a conţinutului acestora în sol şi a stării de nutriţie a plantelor în vederea dirijării acestor relaţii pentru o nutriţie optimă şi obţinerea de recolte ridicate şi de calitate.

Legea echivalenţei (egalei importanţe) a factorilor de vegetaţie Potrivit

acestei legi, fiecare factor (element nutritiv) are semnificaţia sa biologică în dezvoltarea plantelor şi nu poate fi substituit un factor prin altul.

Legea interdependenţei factorilor de vegetaţie Această lege se referă la faptul că elementele nutritive din soluţia solului se intercondiţionează iar insuficienţa unuia poate conduce la slaba utilizare a altora, de aici decurge necesitatea fertilizării echilibrate a plantelor.

Fig. 1.1. Reprezentare schematică a legii factorului minim (după GRANSEE 2004).

1.2. PROBLEMELE AGROCHIMIEI ÎN CONTEXTUL SOCIETĂŢII CONTEMPORANE

Suprafaţa agricolă ce revine pe locuitor s-a redus mult, mai ales în ultimele decenii, ca urmare a creşterii demografice, a extinderii suprafețelor urbane, revenind în prezent în medie 0,25 ha/locuitor.

Organismele de specialitate FAO, în urma analizei diferitelor soluţii privind creşterea resurselor de hrană pentru omenire, au ajuns la concluzia că, deocamdată, singura sursă majoră şi sigură pentru obţinerea de resurse alimentare este reprezentată de agroecosisteme iar calea pentru sporirea acestor resurse alimentare o constituie intensificarea procesului de producţie, altfel spus obţinerea unor cantităţi mai mari de produse agroalimentare pe unitatea de suprafaţă.

Principalele pârghii care pot fi utilizate în această direcţie sunt: crearea unor forme mai productive (soiuri, hibrizi), mecanizarea lucrărilor agricole, utilizarea irigaţiei şi a altor măsuri de îmbunătăţiri funciare, utilizarea controlată a îngrăşămintelor, protejarea plantelor împotriva concurenţilor şi consumatorilor (buruieni, boli şi dăunători) ş.a.

Date furnizate de FAO arată că sporurile de recoltă datorate îngrăşămintelor sunt cuprinse între 40-60% cu variaţii de la o ţară la alta.

În SUA îngrăşămintele chimice contribuie cu cca. 41% la sporul de recoltă; erbicidele şi pesticidele cu cca. 15-20%, agrotehnica superioară prin mecanizare cu 15%, sămânţa hibridă cu 8%, irigarea culturilor cu 5%, dife-

renţa de 11-18% revenind altor factori, fig. 1.10.

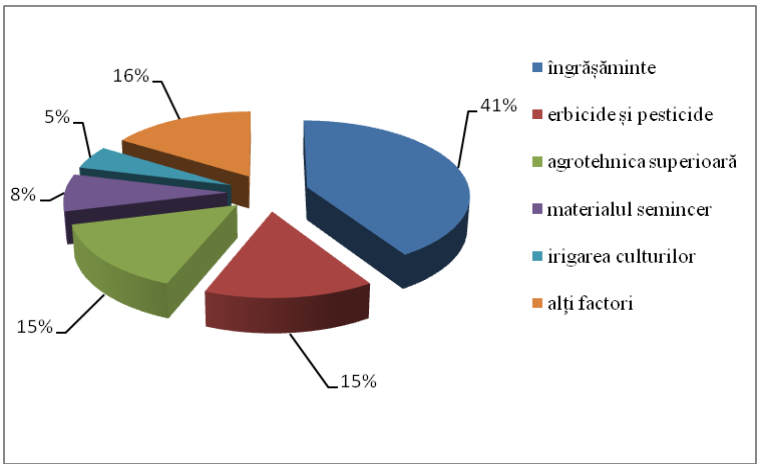


Fig. 1.2. Ponderea factorilor de producție la realizarea recoltei, (FAO pe baza unor valori medii din SUA).

Întensificarea procesului de producţie agricolă, în scopul asigurării resurselor de hrană se bazează însă pe un consum ridicat de energie convenţională, din care aferente îngrăşămintelor (păstrare, aplicare) revine în medie 6,0 KJ/kg pentru azot, 13,7 KJ/kg fosfor, 3,0 KJ/kg potasiu şi 0,8 KJ/kg calciu.

Agrochimiei, îi revine prin urmare sarcina de a studia relaţiile sol-plantă-îngrăşăminte, în vederea asigurării unui mediu optim de nutriţia plantelor, pentru obţinerea de produse vegetale de calitate, în cantităţi ridicate şi în condiţiile menţinerii echilibrelor de mediu.

Întrebări

1. Care sunt domeniile colaterale pe care agrochimia le integrează ca ştiinţă interdisciplinară în studiul, cercetarea şi dirijarea nutriţiei plantelor ?
2. Ce implicaţie practică are principiul restituirii elementelor nutritive exportate odată cu recolta ?
3. Care este implicaţia practică a legii minimului, maximului şi optimului, referitor la îngrăşăminte, pentru plantele horticole ?
4. Cum poate contribui agrochimia ca ştiinţă la soluţionarea problemelor privind dirijarea producţiei agricole în contextul societăţii contemporane ?
5. Cum pot beneficia de aportul agrochimiei ca ştiinţă teoretică şi aplicativă „micii” horticultori, respectiv cultivatorii de plante horticole pe suprafeţe mici, grădina casei, grădina de legume etc.

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 2

BAZELE AGROCHIMICE ALE FERTILIZĂRII ÎN RAPORT CU CERINŢELE PLANTELOR

Cuvinte cheie: fertilizare, compoziția chimică, compoziția elementară, elemente nutritive, faze de vegetație, stări de nutriție

Rezumat: Constituţia chimică a plantelor verzi variază în raport cu specia, vârsta, condiţiile de vegetaţie ş.a. şi cuprinde apă şi substanţă uscată; prin calcinarea substanţei uscate rezultă un reziduu mineral – cenuşa. Cenuşa plantelor cuprinde peste 60 de elemente care sunt grupate convenţional în macroelemente, microelemente şi ultramicroelemente.

Fiecare element nutritiv îndeplineşte un anumit rol în viaţa plantelor iar în timp, pe parcursul evoluţiei, plantele şi-au format şi dezvoltat însuşiri selective faţă de hrană.

Plantele au cerinţe diferite faţă de elementele nutritive, pe faze de vegetaţie şi în raport cu o serie de factori de mediu şi culturali, iar cunoaşterea acestora permite o dirijare optimă a procesului de nutriţie a plantelor.

Durata medie de parcurgere a unităţii de studiu este de 2 ore

2.1. Compoziţia chimică a plantelor

Plantele verzi sunt organisme autotrofe şi au o compoziţi chimică variată în funcţie de specie (soi, hibrid la plantele cultivate), vârstă, condiţiile de viaţă ş.a., dar în esenţă au în constituţia lor apă şi substanţă uscată.

Apa este componentă a tuturor organismelor vii, ceea ce denotă importanţa acesteia în viaţa plantelor.

În ţesuturile vii, conform concepţiei biostructurale, Macovschi 1972, 1981, apa este prezentă sub trei forme principale:

- apa liberă, în soluţia intercelulară;
- apa legată de coloizi;
- apa integrată în materia biostructurală;

Apa îndeplineşte în organismul vegetal o serie de funcţii:

- transportă elementele nutritive şi substanţele sintetizate spre diferite organe;
- constituie mediu de reacţie al diverselor substanţe sub influenţa activităţii enzimatice.
- reglează temperatura ţesuturilor vegetale;
- reglează presiunea osmotică;

Conţinutul de apă al plantelor variază în raport cu specia, vârsta, organul analizat, momentul din zi, condiţiile de viaţă ş.a.

Substanţa uscată După eliminarea apei din plantă prin uscare la 100-105º C se obţine substanţa uscată, care este alcătuită din compuşi organici

şi minerali şi anume:

- *substanţe fără azot*: glucide, substanţe pectice, lignine, acizi organici, lipide, acizi graşi;
- *substanţe cu azot*: proteine simple, proteine complexe;
- *pigmenţi*: clorofila, carotenoide, antocianine ş.a.;
- *enzime, vitamine şi substanţe de creştere*;
- *săruri anorganice*.

2.2. Compoziţia elementară a plantelor

Prin calcinarea substanţei uscate la 450-550º C, compuşii organici transformaţi în CO_2, H_2O, NH_3, NO, SO_2, şi Cl_2 se volatilizează şi rămâne un reziduu mineral denumit cenuşă. Conţinutul plantelor în cenuşă variază în funcţie de specie, condiţiile de mediu, vârstă, organele analizate ş.a.

Cenuşa plantelor cultivate conţine peste 60 de elemente şi are caracter bazic. Dintre cele 60 de elemente care intră în alcătuirea plantelor nu toate au aceeaşi importanţă. Astfel, după rolul pe care îl au în viaţa plantelor şi cantitatea în care participă la alcătuirea ţesuturilor vegetale, elementele se grupează în mod convenţional în *macroelemente, microelemente şi ultramicroelemente*, fig. 2.1.

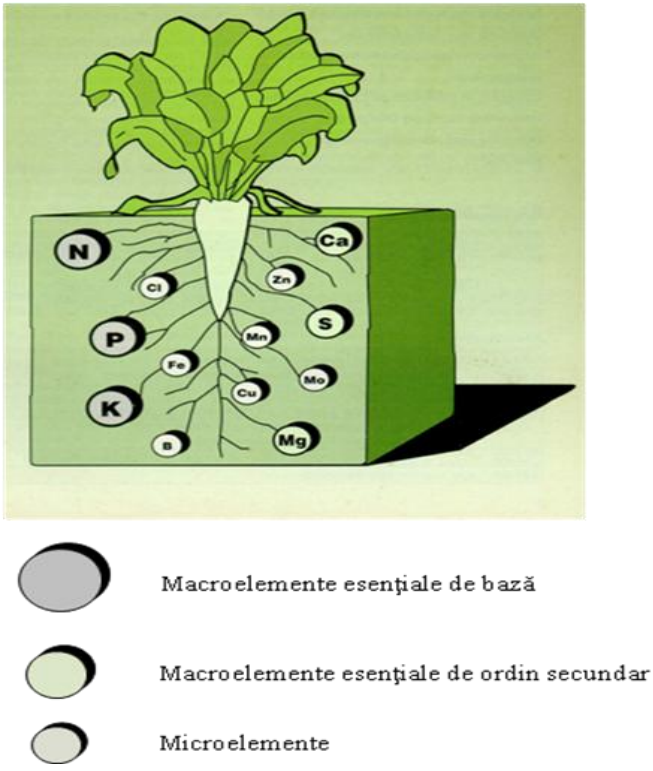


Fig. 2.1. Reprezentarea schematică a elementelor nutritive și a importanței lor pentru nutriția plantelor

Macroelementele sunt elemente care se află în plante în cantitate mai mare de n x 10^{-1} - n x 10^{-2} %. Dintre acestea, C, O şi H (macroelemente

esenţiale de bază) intră în constituţia plantelor în proporţie de peste 90% şi se găsesc în cantitate suficientă în mediul înconjurător, nefiind necesară completarea lor prin îngrăşăminte.

Azotul, fosforul şi potasiul (N, P şi K) (macroelemente esenţiale de bază) alcătuiesc 4,4% din substanţa uscată iar pentru completarea acestor elemente se utilizează cantităţile cele mai mari de îngrăşăminte.

Celelalte macroelemente (Ca, Mg, S - macroelemente esenţiale de ordin secundar) se găsesc în cantitate suficientă în sol şi doar uneori apare necesitatea completării lor sub formă de îngrăşăminte.

Microelementele sunt elemente ce se află în compoziţia plantelor în cantităţi mici, de ordinul n x 10^{-3} - n x 10^{-5} %, dar sunt esenţiale şi indispensabile creşterii şi dezvoltării normale a plantelor, astfel încât apare uneori necesară suplimentarea lor prin îngrăşăminte. Aceste elemente sunt reprezentate de Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Co.

Ultramicroelementele sunt elemente prezente în plante în cantităţi foarte mici de ordinul n x 10^{-6} - n x 10^{-12} %.

2.3. Rolul elementelor nutritive în viaţa plantelor

Fiecare element esenţial îndeplineşte un anumit rol în viaţa plantelor iar procesele fiziologice se desfăşoară normal doar în prezenţa tuturor elementelor esenţiale şi în condiţii optime asigurate de factorii climatici.

Azotul este unul din elementele fundamentale ale nutriţiei plantelor şi are rol complex. Este constituent al citoplasmei, intră în alcătuirea aminoacizilor, a proteinelor protoplasmatice, acizilor nucleici, a unor vitamine şi enzime. Participă la procesele de creştere şi este unul din factorii care determină calitatea recoltei.

Fosforul este ca şi azotul un element fundamental al nutriţiei plantelor şi îndeplineşte două funcţii importante:

- intră în constituţia unor compuşi organici care înmagazinează şi transferă energie în procesele metabolice;
- îndeplineşte un rol structural, favorizând creşterea echilibrată a plantelor şi dezvoltarea sistemului radicular.

Fosforul influenţează calitatea recoltelor.

Potasiul este elementul cu cea mai mare pondere în compoziţia cenuşii la majoritatea plantelor. Are rol catalitic şi energetic. Influenţează mărimea şi calitatea recoltei, rezistenţa plantelor la boli şi dăunători.

Calciul este un element ce intră în componenţa membranei celulare şi a protoplasmei. Participă la neutralizarea acizilor organici, la reducerea nitraţilor şi sinteza proteinelor. Imprimă rezistenţă ţesuturilor, favorizează formarea şi maturarea fructelor.

Magneziul este constituent al clorofilei şi participă la procesul de fotosinteză. Are rol în metabolismul glucidelor, asimilarea şi transportul fosforului în plantă, stimularea activităţii enzimatice.

Sulful este indispensabil creşterii plantelor, având un rol plastic asemănător cu al azotului. Este constituentul unor aminoacizi esenţiali, enzime şi vitamine. Favorizează creşterea rădăcinilor, formarea nodozităţilor la plantele leguminoase.

Fierul îndeplineşte un rol important în sinteza clorofilei, deşi nu este un

constituent al acesteia. Are rol important în procesele de oxidoreducere ca urmare a faptului că are capacitatea de a trece în mod reversibil din forma trivalentă în cea bivalentă.

Microelementele sunt indispensabile în nutriţia plantelor ca urmare a faptului că intră în componenţa unor enzime sau sunt activatoare ale altora.

2.4. Legătura dintre compoziţia chimică a plantelor şi cea a scoarţei terestre

Pe parcursul evoluţiei plantele şi-au format şi dezvoltat însuşiri selective faţă de componentele hranei.

Cercetările efectuate în acest domeniu arată că între conţinutul solului în elemente nutritive (forme totale şi solubile în HCl 1n) şi conţinutul plantelor în elemente nutritive nu există o corelaţie strânsă.

Anumite elemente se află în plante în cantitate mult mai mare decât în sol şi invers tocmai ca urmare a capacităţii de absorbţie selectivă. Astfel plantele conţin de cca. 500 de ori mai mult azot comparativ cu solul, de 23 de ori mai mult potasiu, de 19,5 ori mai mult fosfor. În ce priveşte microelementele diferenţele dintre conţinutul din sol şi cel din plante sunt mult mai reduse.

Prin urmare, cu cât este mai mare diferenţa dintre conţinutul plantei într-un element nutritiv şi conţinutul solului în acelaşi element, cu atât cerinţele plantelor faţă de acel element sunt mai mari şi nevoia de a aplica îngrăşăminte cu acel element este mai mare.

2.5. Cerinţele plantelor în elemente nutritive în raport cu fazele de vegetaţie

Plantele au cerinţe diferite faţă de elementele nutritive în funcţie de specie (soi, hibrid), fazele de vegetaţie, condiţiile de mediu ş.a.

Plantele au un ciclu vital, care constă într-o succesiune regulată a stadiilor existente în cursul vieţii unui organism din primele faze de dezvoltare şi până la moarte.

La plantele anuale ciclul vital începe cu germinaţia seminţei şi se încheie cu formarea unei noi seminţe. La plantele perene, ciclul vital începe cu pornirea în vegetaţie şi se termină cu încheierea vegetaţiei (repaus vegetativ).

În perioada ciclului vital se disting mai multe faze de vegetaţie (fenofaze), cu cerinţe diferite ale plantelor faţă de elementele nutritive şi ceilalţi factori de vegetaţie.

Fenofaza de creştere vegetativă se caracterizează prin formarea şi creşterea de ţesuturi noi. În această perioadă, elementul determinant al creşterii este azotul.

Fenofaza de fructificare se caracterizează prin formarea şi creşterea fructelor, perioadă în care plantele au cerinţe mai mari faţă de fosfor, zinc, molibden şi bor.

Fenofaza de maturare se caracterizează prin acumularea de substanţe de rezervă în fructe, rădăcini, tuberculi, ţesuturile lemnoase, substanţe care vor declanşa pornirea unui nou ciclu vital. În această perioadă plantele uti-

lizează cantităţi mai mari de potasiu, fosfor şi bor.

Necesarul faţă de elementele nutritive se modifică odată cu schimbarea fenofazelor de vegetaţie, astfel că pe parcursul vieţii plantelor se disting trei perioade de consum (tabelul 2.1):

a) *perioadele critice ale nutriţiei*, care coincid cu primele faze de vegetaţie, când insuficienţa, excesul sau un raport neechilibrat între elementele nutritive determină o influenţă defavorabilă asupra întregii perioade de vegetaţie. Plantele nu revin la starea normală chiar dacă ulterior se încearcă remedierea deficienţei respective.

b) *Perioada de consum maxim* corespunde cu creşterea intensă şi începutul acumulării substanţelor de rezervă. În această perioadă elementele nutritive sunt asimilate într-un ritm mai accelerat şi în cantităţi mai ridicate.

c) *Perioada descreşterii consumului* coincide cu maturarea seminţelor, fructelor, cu acumularea maximă a substanţelor de rezervă. Consumul elementelor nutritive scade treptat pe parcursul acestei perioade până la încetarea totală.

Perioada critică a nutriţiei pentru tomate este în faza de apariţie a primei perechi de frunze adevărate, faza de consum maxim la începutul înfloririi iar perioada de consum scăzut iar perioada de consum scăzut la momentul de coacere a fructelor.

Tabelul 2.1.

Perioadele consumurilor de elemente nutritive la câteva plante horticole cultivate

Planta	Perioada critică a nutriţiei	Perioada de consum maxim	Perioada consumului scăzut
Cartof	2-4 perechi de frunze	începutul înfloririi	uscarea frunzelor inferioare
Tomate	apariţia primei perechi de frunze adevărate	începutul înfloririi	coacerea fructelor
Varză de toamnă	3-4 frunze	70 de zile de la răsărire	căpăţâna este formată
Pomi fructiferi	desfacerea mugurilor de rod	apariţia frunzelor, diferenţierea mugurilor de rod	coacerea fructelor
Viţă de vie	desfacerea mugurilor	începutul înfloririi	coacerea strugurilor

La sfeclă perioada critică se manifestă la apariţia celei de a doua - a treia perechi de frunze iar consumul maxim corespunde cu începutul depozitării intense substanţelor de rezervă; în această perioadă consumul de fosfor şi potasiu creşte foarte mult.

Viţa de vie are perioada critică la desfacerea mugurilor, iar consumul maxim este la începutul înfloririi şi se extinde până la formarea boabelor.

La pomii fructiferi perioada critică a nutriţiei se manifestă la desfacerea

mugurilor şi pornirea lăstarilor. Consumul maxim se înregistrează în fenofazele ulterioare de creştere a lăstarilor, de diferenţiere a mugurilor de rod şi în faza de maturare a lemnului, moment în care predomină consumul de potasiu şi fosfor faţă de azot.

2.6. Stările de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive

Creşterea şi dezvoltarea plantelor depinde de acţiunea simultană a mai multor factori de vegetaţie.

Cu privire la nivelul de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive, se deosebesc următoarele stări: starea normală, carenţa, insuficienţa, nivelul critic, nivelul de abundenţă (consum „de lux"), excesul şi toxicitatea.

Starea normală de aprovizionare este atunci când toate elementele de nutriţie se află în cantităţi îndestulătoare şi echilibrate, ceea ce determină o creştere şi dezvoltare normală a plantelor, producţia fiind ridicată şi de calitate.

Carenţa este determinată de absenţa unuia sau mai multor elemente nutritive fapt ce conduce la o slabă creştere şi dezvoltare a plantelor sau chiar la moartea acestora. Carenţele sunt stări identificabile vizual prin simptome caracteristice.

Insuficienţa (carenţa ascunsă) este starea în care planta este aprovizionată nesatisfăcător cu un anumit element nutritiv, ceea ce conduce la modificări de ordin fiziologic, concretizate prin micşorarea recoltelor.

Nivelul critic exprimă momentul de trecere de la insuficienţă la starea normală. Aplicarea elementului respectiv în sol determină o creştere a concentraţiei lui în plantă fără a contribui la creşterea recoltei.

Nivelul de abundenţă (consum „de lux") este starea în care elementele nutritive se acumulează în plantă fără a manifesta efecte toxice, dar nici nu produc sporuri de recoltă.

Excesul apare atunci când concentraţia unui element acumulat în plantă depăşeşte un anumit nivel, fapt care determină o perturbare a proceselor fiziologice şi modifică raportul dintre partea aeriană şi cea subterană a plantei. Elementul în exces se acumulează în plantă în forme anorganice, determinând apariţia unor semne evidente, dăunătoare pentru organismul vegetal.

Toxicitatea este starea în care un element este absorbit de plantă în concentraţii mult mai ridicate de cât cea optimă, ceea ce conduce la alterarea mecanismului de desfăşurare a proceselor metabolice şi determină încetarea activităţii vitale a celulelor.

Cunoaşterea legăturilor dintre compoziţia chimică şi elementară a plantelor şi cea a scoarţei terestre, rolul elementelor nutritive în viaţa plantelor, a cerinţelor plantelor în elemente nutritive în raport cu fazele de vegetaţie, precum şi a stărilor de aprovizionare a plantelor cu elemente nutritive are o importanţă deosebită. Aceste cunoştinţe vor ajuta la înţelegerea procesului de nutriţie a plantelor şi la necesitatea unei fertilizări echilibrate în vederea obţinerii de recolte stabile, de calitate şi în condiţiile păstrării echilibrelor din mediu.

Întrebări

1. Ce este substanţa uscată şi cum se determină ?
2. Ce este cenuşa, cum se obţine şi ce elemente se regăsesc în acest reziduu ?
3. Având în vedere legătura dintre compoziţia chimică a plantelor şi cea a scoarţei terestre, care elemente nutritive se aplică în cantitatea cea mai mare sub formă de îngrăşăminte şi de ce ?
4. Care este perioada critică de nutriţie la tomate şi ce urmări are o nutriţie deficitară în această perioadă ?
5. Ce se înţelege prin stare normală de nutriţie şi cum se raportează celelalte situaţii privind starea de nutriţie a plantelor faţă de aceasta ?
6. Care este perioada de consum maxim la pomii fructiferi și cum asigurăm elementele nutritive pentru această perioadă?

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 3

SOLUL CA MEDIU DE NUTRIŢIE PENTRU PLANTE ŞI UTILIZAREA ÎNGRĂŞĂMINTELOR (I)

Cuvinte cheie: *sol, mediu de nutriție, componentă minerală, componentă organică, fază solid – lichidă – gazoasă, coloizi*

Rezumat: *Solul, ca suport şi mediu de nutriţie pentru plante, este alcătuit din trei faze: solidă, lichidă şi gazoasă şi are ca însuşire de bază fertilitatea.*

Complexul adsorbtiv al solului, alcătuit din particule coloidale de natură organo-minerală, are rol în reţinerea prin schimb a ionlori nutritivi din sol. Principala sursă directă de elemente nutritive pentru plante este soluţia solului, ea fiind partea cea mai activă în nutriţia plantelor.

Cunoscând proprietăţile fizico-chimice ale solului, cerinţele de nutriţie a plantelor de cultură, omul poate stabili sortimentul de amendamente şi îngrăşăminte, dozele şi momentul de aplicare în vederea asigurării unui mediu optim de nutriţie pentru plante.

Durata medie de parcurgere a unităţii de studiu este de 2 ore

3.1. Solul – structură şi funcţii

Solul este un corp natural, cu o serie de însuşiri fizice, chimice şi biologice în continuă schimbare, care constituie un suport pentru plantă, o sursă de elemente nutritive şi un mediu intermediar prin care se aplică îngrăşămintele şi amendamentele.

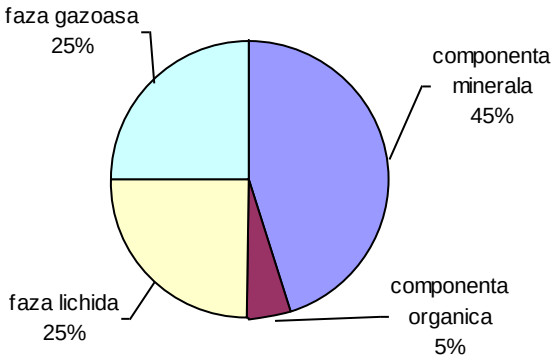
Ca produs natural, solul evoluează în timp sub acţiunea factorilor de mediu dar şi a activităţii omului (plantele cultivate, irigarea culturilor, utilizarea amendamentelor şi îngrăşămintelor minerale şi organice, efectuarea lucrărilor de pregătire a terenului ş.a.).

Solul este un corp poros, în care prin activitatea microflorei şi a microfaunei se desfăşoară continuu procese de asimilaţie şi dezasimilaţie, cu consum şi eliberare de energie.

Pe profilul de sol, în evoluţie, s-au diferenţiat o succesiune de orizonturi, suprapuse până la roca mamă, care oglindesc toate caracterele solului.

Solul are însuşirea de a reţine o serie de elemente nutritive uşor accesibile plantelor şi de a le elibera pe parcurs, prin schimb sau procese de mineralizare.

Schematic solul este format din trei faze: o fază *solidă* (minerală şi organică), o fază *lichidă* (soluţia solului) şi una *gazoasă* (aerul din sol), fig. 3.1.



principalele componente ale solului.

3.1.1. Faza solidă a solului

Faza solidă constituie suportul fizic pentru dezvoltarea sistemului radicular şi principala sursă de elemente nutritive pentru plante, ea reprezentând cca. 50% din total şi cuprinde o componentă minerală şi una organică.

Componenta minerală reprezintă cea mai mare parte (45%) din faza solidă a solului. Originea acesteia o constituie materialul parental din care a luat naştere solul şi cuprinde minerale primare, secundare (argile, oxizi, hidroxizi) şi diferite săruri rezultate în urma transformărilor fizico-chimice şi biochimice pe care le-a suferit partea superioară a litosferei.

Constituţia chimică a componentei minerale este variabilă în raport cu rocile parentale, vârsta solului, vegetaţie, relief, clima, tehnologia de cultură ş.a.

Fracţiunea minerală se poate clasifica astfel:

a) după provenienţă:

- minerale primare rezultate prin dezagregarea rocilor eruptive şi metamorfice, compoziţia lor chimică rămânând relativ neschimbată după dezagregare;

- minerale secundare rezltate din roci sedimentare sau din alterarea mineralelor primare;

b) după compoziţia chimică: silicaţi si aluminosilicaţi.

Principalele minerale ce se găsesc în scoarţa terestră sunt:

- *feldspaţi*: sunt aluminosilicaţi anhidri de potasiu, sodiu şi calciu;

- *cuarţ*: cuarţul este oxidul de siliciu cristalin. Se mai poate găsi ca silice liberă sau nisip;

- *micele*: sunt aluminosilicaţi de potasiu, în care se mai pot găsi, în proporţii variabile şi fier, magneziu sau sodiu;

- *calcar*: este carbonatul de calciu, în combinaţie cu carbonatul de magneziu formează *dolomitul;*

- *hornblenda şi augitul:* sunt minerale fero-magneziene, care conţin în proporţii variabile silicaţi de calciu, magneziu, fier şi sodiu;

- *olivine şi serpentine:* olivinele sunt silicaţi de fier şi magneziu de culoare verde. Serpentinele sunt silicaţi hidrataţi de magneziu;

- *argilele:* sunt aluminosilicaţi hidrataţi (minerale secundare);

- *alte minerale: turmalina* – boroaluminosilicat de metale alcaline şi fier sau magneziu; *rutil* – oxid de titan; *zircon*-silicat de zinc; *glauconit* – silicat hidratat de fier şi magneziu; *apatite* – fosfaţi de calciu; *sulfaţi*.

Partea cea mai activă din substratul mineral este componenta coloidală (< 0,002 mm, argilele şi hidroxizii), ca urmare a celor două proprietăţi pe care le are: *sarcina electrică* şi *suprafaţa mare* în raport cu volumul.

Componenta organică ocupă în medie 5% din faza solidă a solului. Materia organică a solului s-a format în timp, ca rezultat al acumulării din resturi vegetale şi animale aflate în diferite grade de descompunere sau dispersie coloidală, sub acţiunea complexă a activităţii microorganismelor (ciuperci, bacterii, actinomicete).

În raport cu provenienţa şi funcţiile ei materia organică se împarte în materie organică moartă (humus) şi materie organică vie (edafon). Materia organică moartă la rândul ei se poate clasifica după anumite criterii: *chimic* - substanţe humice, substanţe nehumice, acizi fulvici, hematomelanici şi humici şi respectiv humine; *funcţional* - humus stabil, humus nutritiv; *morfogenetic*- hums brut, moder, mull, forme terestre, forme semiterestre şi forme acvatice.

Componentul de bază al materiei organice este humusul iar în condiţii naturale materia organică din sol constituie principala sursă de azot pentru plante.

Particulele coloidale de natură minerală, împreună cu cele de natură organică, formează un complex coloidal *organo-mineral* sau *argilo-humic* denumit şi *complex adsorbtiv al solului*, cu rol în reţinerea formelor asimilabile ale elementelor nutritive.

Coloizii solului au cel mai înalt grad de dispersie, şi rolul cel mai important în nutriţia plantelor cu elemente nutritive.

Coloizii solului pot fi:

a) de natură organică: acizi humici, huminici, proteine şi alţi compuşi organici. Pot avea următoarele grupări reactive:

- <u>gruparea carboxilică</u>:

$$\text{humus - COOH} \leftrightarrow \text{humus} - \text{COO}^- + \text{H}^+ ,$$

- <u>gruparea fenolică</u>:

$$\text{H}_5\text{C}_6 - \text{OH} \leftrightarrow \text{H}_5\text{C}_6 - \text{O}^- + \text{H}^+,$$

În ambele cazuri datorită încărcării electronegative, particula poate atrage cationi.

- <u>grupare aminică</u>:

$\text{humus} - \text{NH}_2 \leftrightarrow \text{humus} - \text{NH}_3^+$, datorită încărcării electropozitive particula poate atrage anioni

Ca urmare a grupărilor acide mai numeroase, humusul are un puternic

caracter electronegativ, deci reţine şi face schimb de cationi. Peste 50% din reţinere are loc la grupările carboxilice –COOH, 40% la cele hidroxilice –OH şi doar 10% la grupările aminice $–NH_2$.

Humusul are următoarele caracteristici: o suprafaţă mare în raport cu volumul, sarcină negativă datorată grupărilor carboxilice şi fenolice, o capacitate de schimb cationic dependentă de pH – mică la valori mici ale pH-ului. Când poziţiile sale de schimb sunt saturate cu ioni de hidrogen poate extrage ionii nutritivi din minerale prin dizolvare, reţinându-i pentru ai pune apoi la dispoziţia plantelor. Humusul este implicat în procesele de oxido-reducere din sol.

Proteinele din sol se comportă ca şi substanţe amfotere, întrucât deţin atât grupări carboxilice, cât şi aminice.

b) de natură minerală. Coloizii minerali pot fi de două feluri:

- **de natură argiloasă şi structură cristalină**, rezultaţi din alterarea silicaţilor şi aluminosilicaţilor în mediu bazic :

$K_2O \cdot 6SiO_2 \cdot Al_2O_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O + K_2CO_3 + 4SiO_2$

Ortoză caolinit

După alterare, rezultă minerale argiloase care pot reţine cationi prin intermediul ionilor de oxigen exteriori, al grupărilor hidroxilice exterioare sau în urma substituirii izomorfe a Si^{4+} sau Al^{3+} cu alţi cationi cu rază ionică apropiată. În coordinarea tetraedrică Si^{4+} este înlocuit cu Al^{3+}, iar în coordinarea octaedrică Al^{3+} este substituit de Mg^{2+}, K^+, Fe^{2+}, Fe^{3+}. Sarcinile rămase libere în urma substituţiilor izomorfe sunt permanente şi nu sunt dependente de pH.

Ca urmare a dimensiunilor reduse, coloizii minerali de natură argiloasă sunt foarte reactivi şi constituie baza schimbului de ioni din sol, controlând adsorbţia, reţinerea şi eliberarea multor nutrienţi ai plantelor, cum ar fi potasiu, calciu, magneziu şi fosfor.

Principalii coloizi minerali de natură argiloasă sunt:

- *caolinitul*: reţeaua cristalină este formată din pachete de câte două foiţe, una de tetraedre de SiO_4, iar alta de octaedre de $Al(OH)_6^{3-}$, legate între ele prin atomi de oxigen (reţea de tip 1:1). Pachetele sunt legate între ele prin intermediul atomilor de oxigen şi al grupărilor OH^-, care împiedică extinderea reţelei când mineralul vine în contact cu apa. Acest mineral are o suprafaţă specifică mică şi o capacitate de schimb cationic redusă.

- *montmorillonitul*: reţeaua cristalină este formată din pachete alcătuite, fiecare din câte trei foiţe – două de tetraedre de siliciu între care se află o foiţă de octaedre de aluminiu (reţea de tip 2:1). Pachetele sunt legate între ele prin legături oxigen-oxigen, care sunt mai slabe, permiţând pătrunderea moleculelor de apă încărcate cu diverşi ioni. Această structură conferă montmorillonitului proprietatea de a se îmbiba cu apă, deci are *reţea expandabilă*, ceea ce înseamnă că în stare uscată spaţiul dintre pachete se reduce, iar în stare umedă creşte. În reţeaua cristalină a montmorillonitului pot exista substituţii izomorfe ale Al^{3+} cu Fe^{2+} sau Mg^{2+}. Montmorillonitul are o suprafaţă specifică mare şi o capacitate de schimb cationic ridicată.

- *illitul*: are o reţea cristalină asemănătoare cu cea a montmorillonitului. Aproximativ 15% din ionii Si^{4+} sunt înlocuiţi cu ioni Al^{3+} sau K^+, care participă,

alături de atomii de oxigen, la asigurarea legăturilor dintre foiţe. Ca urmare, este mai puţin expandabil decât montmorillonitul şi are o capacitate de schimb cationic între cea a colinitului şi cea a montmorillonitului.

- **de natură neargiloasă**:

1) cu structură cristalină: reprezentaţi de oxizi, hidroxizi şi oxihidroxizii de Fe şi Al cristalini

2) cu structură amorfă: reprezentaţi de $Fe(OH)_3$ şi $Al(OH)_3$, care au un caracter amfoter;

în mediu acid se comportă ca baze:

$[Al(OH)_3]_n + H_3O^+ \leftrightarrow [Al_n(OH)_{3n+1}]^- + 2H^+$

în mediu bazic se comportă ca acizi:

$[Al(OH)_3]_n \leftrightarrow [Al_n(OH)_{3n-1}]^+ + HO^-$

c) de natură organominerală; micela coloidală.

Coloizii de natură organo-minerală (micela coloidală) sunt componente complexe argilo-humice, alcătuite din minerale argiloase sau neargiloase, cristaline sau amorfe, care împreună cu substanţe humice formează un nucleu, înconjurat de un strat de ioni cu sarcini negative (anioni). În jurul nucleului se află un câmp de ioni cu semn contrar (cationi), dispuşi pe două straturi funcţie de tăria de legătură. Primul strat de lângă nucleu este alcătuit din cationi puternic legaţi iar stratul exterior este format din ioni (cationi) mobili, capabili de schimb cu alţi ioni din soluţia solului după legi specifice. Acest complex astfel ionizat poartă numele de micela coloidală, fig. 3.2.

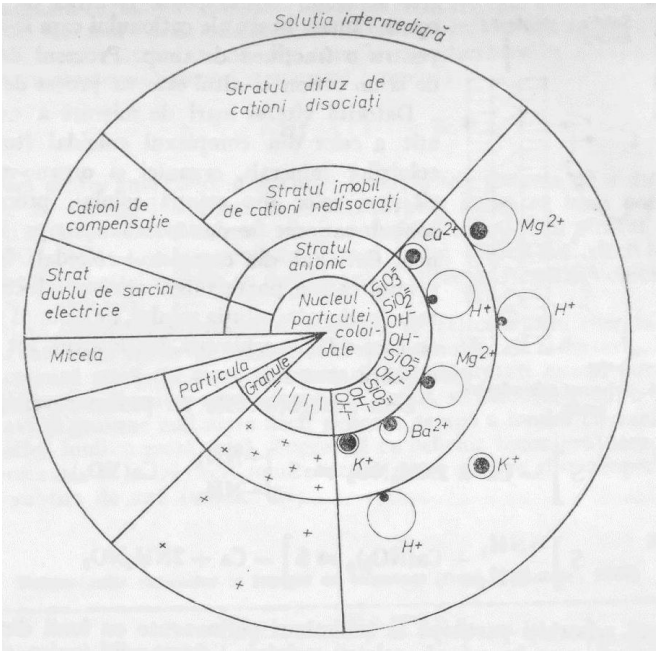


Fig. 3.2. Micela coloidală, schemă de principiu,
(DAVIDESCU şi col. 1981)

3.1.2. Faza lichidă a solului

Faza lichidă a solului este o componentă naturală a acestuia, formată din apa din sol încărcată cu ioni, gaze (O_2, CO_2, N_2) sau substanţe aflate în dispersie moleculară sau coloidală.

Prin dezagregarea şi alterarea chimică a mineralelor primare şi secundare, din descompunerea materiei organice precum şi din îngrăşămintele pe care administrăm, în soluţia solului apare un număr mare de ioni precum: H^+, K^+, Na^+, NH_4^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Al^{3+}, OH^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} ş.a. ceea ce face să fie partea cea mai activă în nutriţia plantelor. Ca urmare a compoziţiei sale chimice complexe, ea constituie principala sursă prin intermediul căreia plantele absorb elementele nutritive.

Din punct de vedere fizic, soluţia solului este alcătuită din *partea extractibilă* sau soluţia liberă a solului, care poate fi extrasă; şi *partea neextractibilă* sau soluţia legată de forţele moleculare ale mineralelor argiloase.

Din punct de vedere chimic soluţia solului este alcătuită din:

- *componenta minerală* formată din H^+, K^+, Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, NH^+_4, mai rar Fe^{3+} şi Al^{3+} şi NO_3^-, $H_2PO_4^-$, Cl^-, HCO_3^-, SO_4^{2-}. Concentraţia medie a fazei lichide în ioni minerali este variabilă, având valori cuprinse între 20-120 me/L. Dintre cationi cel mai bine reprezentat este Ca^{2+}, dar şi Na^+ pe solurile sărături. Dintre anioni, cea mai mare concentraţie o au ionii bicarbonat HCO_3^- şi carbonat CO_3^{2-}; iar în ultima vreme, ca urmare a chimizării agriculturii cu mari cantităţi de îngrăşăminte cu azot s-au observat concentraţii crescute de NO_3^-. Microelementele se găsesc în cantităţi scăzute în soluţia solului, excepţie făcând zonele afectate de poluare.
- *componenta organică*, este reprezentată de părţile solubile ale acizilor humici, produse de metabolism ale microorganismelor, secreţii radiculare, substanţe organice rezultate din procesul de humificare.
- *componenta gazoasă*, este reprezentată mai ales de oxigenul şi bioxidul de carbon provenite atât din descompunerea materiei organice, cât şi din procesul de respiraţie.

Această fază a solului îmbracă permanent particulele solide şi prin acţiune reciprocă se îmbogăţeşte permanent cu ioni minerali, acizi, baze, substanţe organice uşor solubile aflate în stare de dispersie, moleculară sau coloidală.

Concentraţia normală a soluţiei solului are în medie valori cuprinse între 0,05-0,2% şi are o mare importanţă asupra presiuni osmotice care are valoarea de 3 atm. faţă de 15 atm. cât este presiunea osmotică a sucului celular al plantelor. În cazul solurilor salinizate, concentraţia soluţiei solului în ioni este mare (> 15%), ceea ce determină o presiune osmotică mare, fapt pentru care plantele de cultură nu se pot dezvolta.

Pentru viaţa şi dezvoltarea normală a plantelor soluţia solului trebuie să fie echilibrată în privinţa conţinutului de ioni nutritivi, respectiv a necesităţilor fiziologice a plantelor.

Prin administrarea amendamentelor şi îngrăşămintelor, concentraţia soluţiei solului se modifică, fie în direcţia echilibrării fie a dezechilibrării.

Pe solurile cu complex coloidal mai slab reprezentat (solurile nisipoase, soluri tinere ş.a.) pe care se ajunge repede la dezechilibre sau toxicitate

prin aplicarea unor doze mari de îngrăşăminte, rebuie avută atenţie la aplicarea amendamentelor sau îngrăşămintelor în special în cazul dozelor ridicate, în astfel de condiţii se recomandă fracţionarea şi aplicarea în doze mai mici a fertilizanţilor, în asociere cu alte măsuri tehnologice şi culturale.

3.1.3. Faza gazoasă a solului

Faza gazoasă a solului este alcătuită din aerul din sol, respectiv azot molecular (N_2), oxigen molecular (O_2), bioxidul de carbon (CO_2), amoniac (NH_3) iar în solurile neaerate şi de hidrogen sulfurat (H_2S), mercaptani, hidrocarburi, hidrogen molecular (provenite din diferite descompuneri anaerobe).

Această fază este un mediu ce favorizează respiraţia rădăcinilor, activitatea biologică din sol şi procesele de trecere a elementelor nutritive din compuşi complecşi în forme mai uşor asimilabile plantelor.

Cantitatea de gaze din sol variază în raport cu textura (5-15% în solurile argiloase, 10-25% în solurile lutoase şi 30-40% în solurile nisipoase), agrotehnica folosită, vegetaţie, ş.a.. Optimul capacităţii pentru aer al solului este în medie de 10% pentru solurile argiloase, 12-14% pentru cele lutoase şi 15-18% pentru cele nisipoase.

Întrebări

1. Ce este micela coloidală, care este rolul său în reţinerea ionilor nutritivi ?
2. Ce tip de ioni sunt reţinuţi prin schimb în cadrul proceselor de schimb ionic ?
3. Care sunt factorii care influenţează schimbul de cationi ? Poate omul interveni în controlul şi dirijarea acestor factori în scopul îmbunătăţirii nutriţiei plantelor ?
4. Care din componentele solului are rolul cel mai activ în nutriţia plantelor şi de ce ?
5. Ce importanţă prezintă schimbul de anioni în nutriţia plantelor şi care sunt factorii care influenţează schimbul de anioni ?
6. Care este concentraţia normală a soluţiei solului şi pe care soluri se ajunge mai repede la creşterea relativ bruscă a concentraţiei soluţiei la aplicarea dozelor mari de îngrăşăminte ?

UNITATEA DE ÎNVĂŢARE 4

SOLUL CA MEDIU DE NUTRIŢIE PENTRU PLANTE ŞI UTILIZAREA ÎNGRĂŞĂMINTELOR (II)

Cuvinte cheie: sol, mediu de nutriție, componentă minerală, coloizi, schimb ionic,

Rezumat: Solul, ca suport şi mediu de nutriţie pentru plante, este alcătuit din trei faze: solidă, lichidă şi gazoasă şi are ca însuşire de bază fertilitatea.

Complexul adsorbtiv al solului, alcătuit din particule coloidale de natură organo-minerală, are rol în reţinerea prin schimb a ionilor nutritivi din sol. Principala sursă directă de elemente nutritive pentru plante este soluţia solului, ea fiind partea cea mai activă în nutriţia plantelor.

Cunoscând proprietăţile fizico-chimice ale solului, cerinţele de nutriţie a plantelor de cultură, omul poate stabili sortimentul de amendamente şi îngrăşăminte, dozele şi momentul de aplicare în vederea asigurării unui mediu optim de nutriţie pentru plante.

3.2. Mecanismul schimbului ionic

În soluţia solului moleculele de electroliţi disociază în ioni încărcaţi pozitiv (cationi) şi ioni încărcaţi negativ (anioni), care sunt supuşi schimbului ionic după legi caracteristice.

3.2.1. Adsorbţia cu schimb de cationi

Fracţiunea coloidală a solului, denumită şi complex adsorbtiv, are proprietatea de a reţine cationii şi de ai ceda prin schimb soluţiei solului cu care se află în contact.

Potrivit teoriei cinetice a gazelor, cationii reţinuţi la suprafaţa coloizilor precum şi cei din soluţia solului se găsesc într-o mişcare rectilinie, continuă şi uniformă în jurul punctului de fixare. În cazul în care un cation din soluţia solului ajunge pe orbita unui cation din complexul coloidal, intrând în stratul difuz al micelei coloidale, poate fi atras de sarcinile rămase libere de la electronul care le-a părăsit pentru o fracţiune de timp; cationul poate fi la rândul său înlocuit din nou, schimbul cationic având un caracter reversibil. Ca urmare a vitezei mari de mişcare a electronilor, schimbul are loc aproape instantaneu.

Acest schimb are mare însemnătate pentru nutriţia plantelor şi aplicarea substanţelor fertilizante, se desfăşoară după anumite legităţi şi este influenţat de o serie de factori, prezentaţi în continuare.

Legile schimbului cationic

1. schimbul de cationi este reversibil . Aceasta înseamnă că un anumit cation reţinut de către complexul adsorbitiv al solului poate fi desorbit şi înlocuit cu un alt cation din soluţia solului.

$$\begin{bmatrix} complex \\ coloidal \end{bmatrix} Ca^{2+} + 2K^{+} \leftrightarrow \begin{bmatrix} Complex \\ coloidal \end{bmatrix} \begin{matrix} K^{+} \\ K^{+} \end{matrix} + Ca^{2+}$$

Schimbul de cationi are loc în mod permanent, reversibilitatea sa având o importanţă deosebită pentru nutriţia plantelor. Mobilitatea schimbului dintre cationii adsorbiţi şi cei din soluţia solului asigură nutriţia continuă a plantelor. După introducerea şi solubilizarea îngrăşămintelor, o parte din cationi sunt reţinuţi în stare adsorbită, fapt ce previne apariţia unor fenomene de toxicitate determinate de creşterea conecntraţiei acelor ioni în soluţia solului.

2. schimbul de cationi are loc în cantităţi echivalente (schimb stoichiometric). Un cation divalent desorbit din complexul adsorbitiv va fi înlocuit cu un alt cation divalent din soluţia solului sau cu doi cationi monovalenţi.

3. schimbul de cationi depinde de energia de reţinere a cationilor la micela coloidală şi de gradul lor de hidratare

Energia de reţinere a cationilor creşte cu masa lor atomică şi cu valenţa. Deci un cation trivalent va fi reţinut mai puternic de către micela coloidală decât unul divalent, iar acesta va fi reţinut mai puternic decât unul monovalent.

Ionii cu rază mică atrag mai multe molecule dipol de apă şi se hidratează mai puternic, mărindu-şi dimensiunea şi micşorându-şi mobilitatea. Cu cât un cation este mai puternic hidratat cu atât va fi mai slab reţinut de către complexul adsorbitiv.Excepţie face hidrogenul H^+, care va fi reţinut sub formă de ion hidroniu H_3O^+ şi ionul amoniu NH_4^+.

Ţinând cont de toate acestea, tăria de reţinere a diferiţilor cationi la micela coloidală scade conform seriei:

$$H^+ > Fe^{3+} > Al^{3+} > Zn^{2+} > Ca^{2+} > Fe^{2+} > Mg^{2+} > NH_4^+ \sim K^+ > Na^+$$

4. schimbul de cationi depinde de concentraţia cationilor în soluţia solului . Unii cationi mai puternic reţinuţi (Al^{3+}, Ca^{2+}) pot fi schimbaţi cu alţi cationi mai slab reţinuţi (K^+), dacă aceştia din urmă se găsesc în cantitate mai mare în soluţia solului.

5. schimbul de cationi este supus legii acţiunii maselor. Raportul dintre concentraţiile a doi cationi diferiţi adsorbiţi (a) de către complexul coloidal este proporţional cu raportul concentraţiilor aceloraşi cationi din soluţia solului (s) (Lixandru, 1990).

Considerând cele două specii K^+ şi Na^+, putem scrie:

$$\frac{[K^+]a}{[Na^+]a} = k \frac{[K^+]s}{[Na^+]s}$$

k este o constantă a reacţiei, a cărei mărime depinde de speciile cati-

onice din reacţie

Conform legii rapoartelor rezultă că dacă se schimbă concentraţia unei specii de cationi din soluţia solului, se modifică raportul concentraţiilor aceloraşi specii de cationi adsorbiţi de către complexul adsorbitiv.

Factorii care influenţează schimbul cationic

Natura coloizilor Energia necesară dislocării cationilor reţinuţi la nivelul coloizilor solului este cu atât mai mare cu cât valenţa şi masa atomică este mai mare.

- cationi monovalenţi $Na^+ \langle NH_4^+ \langle K^+ \langle Ca^+$
- masa atomică 23 18 39,1 132,9
- cationi bivalenţi $Mg^{2+} \langle Ca^{2+}$
- masa atomică 24,3 40,0
- cationi trivalenţi $Al^{3+} \langle Fe^{3+}$
- masa atomică 27,0 55,8

Excepţie de la această regulă face ionul H^+, a cărui energie de adsorbţie este de 4 ori mai mare comparativ cu a calciului şi de 17 ori mai mare comparativ cu a sodiului.

Gradul de hidratare a cationilor Energia de reţinere (sau cea de dislocuire) a cationilor scade odată cu creşterea gradului lor de hidratare.

Ionii cu rază mică prin disociere atrag dipoli de apă şi se înconjoară de o peliculă de apă mai groasă comparativ cu pelicula de apă a ionilor cu rază mare, astfel încât, în această stare, ajung să aibă dimensiuni mai mari comparativ cu ionii cu rază mare. Această peliculă mare de apă reduce capacitatea de reţinere a cationilor şi o măreşte pe cea de dislocare. Prin urmare, funcţie de starea de hidratare, ordinea în care ionii vor fi reţinuţi şi dislocuiţi va fi următoarea:

- ordinea de reţinere $Na^+ \langle K^+ \langle Na^+$; $Mg^{2+} \langle Ca^{2+}$
- ordinea de dislocare $Na^+ \rangle K^+ \rangle Na^+$; $Mg^{2+} \rangle Ca^{2+}$

Excepţie face ionul de hidrogen, care nu poate exista ca proton H^+ în soluţii apoase, se combină cu o moleculă de apă şi formează ionul H_3O^+ având diametrul de 1,35 Å. Acest cation cu o rază ionică mică va fi reţinut cu o forţă mai mare de către complexul adsorbtiv.

Activitatea ionilor şi natura coloizilor Puterea de înlocuire a cationilor depinde de coeficientul lor de activitate, care este la rândul său este influenţat de mediul ionic şi natura adsorbanţilor sau a coloizilor solului.

Concentraţia cationilor şi volumul soluţiilor Adsorbţia cationilor bivalenţi este mai mare în soluţiile diluate comparativ cu a celor monovalenţi şi invers.

Reacţia solului Capacitatea de adsorbţie este mai mare la solurile alcaline ca urmare a faptului că are loc o disociere mai intensă a ionilor adsorbiţi în timp ce pe solurile acide capacitatea de adsorbţie este mai redusă datorită disocierii slabe a ionilor de hidrogen.

Gradul de saturaţie În cazul unui sol saturat în Ca^{2+}, coloizii solului vor

reţine cu atât mai bine K^+ cu cât gradul de saturaţie cu calciu a fost mai mare.

Temperatura Creşterea temperaturii determină o creştere (accelerare) a vitezei de mişcare a cationior în micela coloidală şi soluţia solului ceea ce duce la mărirea schimbului cationic.

3.2.2. Adsorbţia fără schimb cationic

Mineralele argiloase tristratificate de tipul 2:1 (montmorillonit, vermiculit, illit, muscovit) au capacitatea de a-şi extinde spaţiul dintre pachetele de elemente de la 10 la 19 Å în condiţii de umiditate, fapt ce permite pătrunderea apei şi a anumitor ioni nutritivi (cationi) în spaţiile lamelare, fig. 3.2.

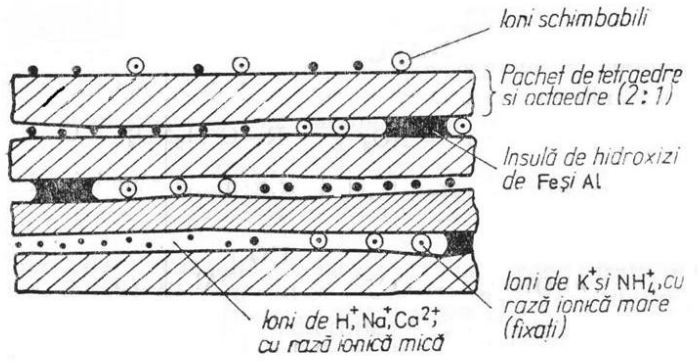

Ioni schimbabili
Pachet de tetraedre si octaedre (2:1)
Insulă de hidroxizi de Fe şi Al
Ioni de K+ si NH4+, cu rază ionică mare (fixaţi)
Ioni de H+, Na+, Ca2+, cu rază ionică mică

Fig. 3.2. Adsorbţia fără schimb de cationi.

Cationii de K^+ şi NH_4^+, având raza ionică în stare hidratară mai mică pătrund mai uşor între pachetele elementare, în timp ce cationi precum Ca^{2+}, Mg^{2+}, cu raza mai mare pătrund mai greu.

Atunci când solul se usucă, apa şi anumiţi cationi se retrag, iar ionii de K^+ şi NH_4^+ rămân blocaţi de ioni cu raza ionică mai mare sau de ioni de hidroxizi de fier sau aluminiu şi nu sunt accesibili plantelor până la o nouă umezire a solului.

Ca urmare pe astfel de soluri cu capacitate mare de reţinere fără schimb a cationilor (faeoziomurile), în anumite condiţii eficienţa îngrăşămintelor cu azot amoniacal şi a celor cu potasiu este mai scăzută.

3.2.3. Adsorbţia cu schimb de anioni

Importanţa anionilor în nutriţia plantelor face ca reţinerea şi schimbul lor să fie la fel de importantă ca cea a cationilor.

Reţinerea anionilor de către coloizii solului se realizează prin: substituţie în reţeaua cristalină, schimb anionic cu ioni de OH ai hidroxizilor de Fe şi Al fixaţi pe minerale argiloase, schimburi directe cu ionii hidroxizilor argilelor, legături marginale ce apar în timpul rupturii foiţelor cristalelor argiloase, in-

termediul cationilor polivalenţi, intermediul cationilor polivalenţi fixaţi pe coloizii organici.

Procesul de reţinere a anionilor se deosebeşte de cel al cationilor printr-un mecanism mai variat, fiind influenţat de anumiţi factori, prezentaţi în continuare

Reacţia solului În cazul unui sol cu *p*H neutru slab alcalin adsorbţia anionilor este foarte slabă, ionul NO_3^- nefiind practic reţinut, în timp ce este puternic reţinut anionul PO_4^{3-}. La *p*H acid anionii sunt reţinuţi puternic.

Concentraţia de anioni Cu cât creşte concentraţia anionilor în soluţia solului cu atât creşte şi adsorbţia lor.

Natura adsorbanţilor Mineralele argiloase tristratificate au capacitate de reţinere anionică mai mare comparativ cu cele bistratificate.

Natura anionilor Capacitatea de reţinere a anionilor depinde de natura lor, din acest punct de vedere având două grupe de anioni:

- anioni care nu sunt adsorbiţi sau sunt adsorbiţi foarte slab ($Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, CH_3COO^-$);

- anioni care sunt puternic reţinuţi (tartrat, citrat, humat, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} fluorură ş.a.).

Schimburile anionice se realizează, ca şi în cazul schimburilor cationice, pe baza principiilor echilibrului Donann potrivit căruia raportul dintre constantele cationilor din soluţia ionică a co-loidului şi soluţia solului este invers proporţională cu concentraţiile anionilor.

3.3. fertilitatea însuşire fundamentală a solului

Însuşirea de bază a solului o constituie desigur fertilitatea şi mai ales capacitatea de sporire continuă a acesteia dacă pământul este folosit raţional.

Fertilitatea solului este capacitatea sa naturală de a-şi echilibra procesele de acumulare care stau la baza formării complexului organo-mineral cu cele de eliberare a substanţelor nutritive pentru învelişul vegetal. Când echilibrarea acestor procese se face la un nivel ridicat solul este foarte fertil, iar când echilibrul se produce la un nivel scăzut, fertilitatea este scăzută, Ştefanic şi Papacostea 1977, Ştefanic 1979, din Eliade şi col. 1983.

Ca un corolar la definiţia prezentată, apare faptul că omul *poate dirija conştient fertilitatea solului, conservând-o şi chiar sporind-o, obţinând concomitent recolte superioare cantitativ şi calitativ, prin introducerea în sol a amendamentelor, îngrăşămintelor organice şi minerale.*

Pământul, în momentul luării sale în cultură, se caracte-rizează printr-o *fertilitate naturală*, care s-a format în timp pe parcursul evoluţiei solului şi este determinată strict de factorii naturali.

În decursul folosirii pământului în scopul cultivării plantelor, fertilitatea naturală se modifică (creşte, se păstrează relativ constantă sau scade), şi apare o altă fertilitate a cărei existenţă se datorează investirii de muncă vie şi materializată.

Procesul formării unei noi puteri productive a pământului este posibil datorită faptului că fertilitatea, deşi este o proprietate obiectivă a solului, in-

clude totuşi din punct de vedere economic, o anumită relaţie şi anume *relaţia faţă de gradul de dezvoltare a chimiei agricole şi mecanizării agriculturii precum şi de nivelul de dezvoltare a cunoştinţelor factorului uman care dirijează activitatea de producţie*, fiind puternic influenţate de acestea.

Fertilitatea naturală şi cea nou creată (care sunt de altfel insolubil de unitar legate între ele), formează *fertilitatea economică* a solului.

Creşterea fertilităţii solului îşi găseşte expresia în sporirea randamentului la unitatea de suprafaţă, care reflectă nivelul de *fertilitate absolută* a solului.

Fertilitatea este deci o însuşire dinamică a pământului, strâns legată de progresul tehnic în agricultură şi de capacitatea factorului uman de a aplica tehnologii sustenabile.

ÎNTREBĂRI

7. Ce este micela coloidală, care este rolul său în reţinerea ionilor nutritivi ?
8. Ce tip de ioni sunt reţinuţi prin schimb în cadrul proceselor de schimb ionic ?
9. Care sunt factorii care influenţează schimbul de cationi ? Poate omul interveni în controlul şi dirijarea acestor factori în scopul îmbunătăţirii nutriţiei plantelor ?
10. Care din componentele solului are rolul cel mai activ în nutriţia plantelor şi de ce ?
11. Ce importanţă prezintă schimbul de anioni în nutriţia plantelor şi care sunt factorii care influenţează schimbul de anioni ?
12. Care este concentraţia normală a soluţiei solului şi pe care soluri se ajunge mai repede la creşterea relativ bruscă a concentraţiei soluţiei la aplicarea dozelor mari de îngrăşăminte ?

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 5

REACŢIA SOLULUI ŞI CORECTAREA EI PRIN AMENDAMENTE (I)

Cuvinte cheie: reacția solului, pH, amendamente, reacție acidă, amendare

Rezumat: Solurile acide şi alcaline, ca urmare a reacţiei şi însuşirilor fizice, fizico-chimice şi biologice ce condiţionează şi însoţesc această reacţie, nu satisfac în mod corespunzător cerinţele de nutriţie a plantelor.

Pe astfel de soluri este necesar ca aplicarea îngrăşămintelor să fie precedată, iar uneori şi însoţită şi de amendamente care nu servesc direct ca elemente nutritive, sau servesc în mică măsură, dar ameliorează compoziţia ionică a solului (îmbunătăţeşte mediul de nutriţie) şi prin aceasta toate celelalte însuşiri ce condiţionează nutriţia plantelor.

Sunt prezentate în continuare principalele însuşiri ale solurilor acide şi alcaline, indicatorii de caracterizează aceste soluri precum şi principalele amendamente utilizate la ameliorarea solurilor respective.

4.1. Noţiuni generale

Reacţia solului reprezintă gradul de aciditate sau alcalinitate a soluţiei solului.

Pentru a defini reacţia se utilizează anumite simboluri numerice:

$\left[H^+\right]=\frac{1}{10^7}$ sau $\left[H^+\right]=10^{-7}$ de unde log $\left[H^+\right]=-7$ sau $-\log\left[H^+\right]=7$

În loc de $-\log\left[H^+\right]$ s-a admis notaţia *p*H.

Valoarea *p*H este logaritmul cu semn schimbat al concentraţiei ionilor de H^+ dintr-o soluţie. Dacă se cunoaşte concentraţia ionilor de H^+ disociaţi, se cunoaşte şi concentraţia ionilor OH^-, concentraţia acestora fiind în raport egal în cazul soluţiilor neutre şi variind în sens invers cu o valoare proporţională concentraţiei ionilor H^+ când echilibrul este modificat.

Soluţia neutră are *p*H = 7, iar valorile *p*H variază de la 1-14, tabelul 4.1.

Reacţia solului constituie un indice foarte important pentru caracterizarea solurilor, cele cu reacţia neutră, slab acidă - slab alcalină având o fertilitate ridicată, în schimb cele cu reacţie moderat - puternic acidă şi respectiv moderat - puternic alcalină având o fertilitate redusă.

Tabelul 4.1

Caracterizarea solurilor după mărimea valorii *p*H

Interval de *p*H	Semnificaţie
< 4,5	foarte puternic acidă
4,5 – 5,5	puternic acidă
5,5 – 6,0	acidă
6,1 – 6,8	slab acidă
6,8 – 7,2	neutră
7,2 – 7,8	slab alcalină
7,8 – 8,5	moderat alcalină
> 8,5	puternic alcalină

Prin specificitatea lor fiziologică plantele de cultură în majo-ritatea lor, cer o reacţie neutră slab acidă-slab alcalină, deşi sunt plante care preferă aciditatea sau tolerează alcalinitatea tab. 4.2., 4.3

Intervalul în care poate oscila *p*H-ul solului pentru plantele de cultură diferă în funcţie de o serie de factori, precum: capacitatea de tamponare a solului pentru *p*H, capacitatea totală de adsorbţie, conţinutul în humus, conţi-nutul şi forma elementelor nutritive, mo-bilitatea calciului şi a aluminiului mo-bil, conţinutul şi forma săru-rilor, specia, soiul şi hibridul plantelor de cultură, vârsta plantei şi nu în ultimul rând tehnologia de cultură.

Cunoaşterea cerinţelor şi toleranţelor plantelor de cultură (culturi de câmp – cereale, plante prăşitoare, leguminoase, plante tehnice – culturi fura-jere, culturi horticole, plante aromatice şi medicinale, plantaţii de pomi şi viţă de vie ş.a.) faţă de *p*H-ul solului oferă posibilitatea stabilirii unei structuri op-time a plantelor de cultură în funcţie de specificul terenului, precum şi repartizarea pe teren a celor mai corespunzătoare tipuri de îngrăşăminte şi respec-tiv a stabilirii de măsuri mai ample privind corectarea reacţiei solului prin apli-carea amendamentelor.

Tabelul 4.2

Cerinţele plantelor cultivate faţă de reacţia solului

Cultura	Interval optim al pH	Cultura	Interval optim al pH
Grâu	5,5-7,5	Cânepă	7,0-7,5
Orz	6,5-8,0	Lucerna	6,5-8,0
Secară	5,0-8,0	Lupin	4,5-6,0
Ovăz	5,0-8,0	Trifoi	6,0-7-5
Sfeclă pentru za-hăr	7,0-8,0	Mazăre	6,0-7,0
Cartof	5,0-6,0	Fasole	6,5-7,0
Floarea-soarelui	6,0-7,5	Măzăriche	5,5-7,2
Soia	6,0-7,0	Porumb	5,5-7,2

Tabelul 4.3

Cerinţele plantelor horticole faţă de reacţia (*p*H-ul) solului
(DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992)

Plantele de cultură	Limite de *p*H pentru dezvoltare optimă a plantelor	Plantele de cultură	Limite de *p*H pentru dezvoltare optimă a plantelor
Legume			
Toleranţă mijlocie la aciditate (pH $\in$ 5,5-7,0)			
Hrean	5,5-7,0	Ridichе albă	6,0-7,0
Ridiche neagră	5,5-7,0	Pepene verde	6,0-7,0
Tomate	5,5-7,0	Dovlecei	6,0-7,0
Batat	5,8-7,0	Rabarbăr	6,0-7,0
Morcovi	5,8-7,0	Ţelină	6,0-7,0
Castraveţi	6,0-7,0	Spanac	6,0-7,0
Gulii	6,7-7,0		
Toleranţă mijlocie la alcalilnitate (pH $\in$ 6,0-8,0)			
Salata	6,0-7,5	Mazăre de grădină	7,0-8,0
Sparanghel	6,5-7,5	Praz	7,0-8,0
Varză	6,7-7,4	Varză	7,0-8,0
Conopidă	7,0-8,0	Sfeclă roşie	7,0-8,0
Fasole de grădină	7,0-8,0		
Pomi şi arbuşti fructiferi, viţă de vie			
Toleranţă mare la aciditate (pH $\in$ 4,6-6,0)			
Agriş	4,6-4,8	Zmeur	5,0-6,0
Toleranţă mijlocie la aciditate (pH $\in$ 5,0-8,0)			
Viţa de vie	5,5-6,3	Castan cultivat	6,0-6,5
Citricele	5,0-7,0	Coacăz	6,0-7,0
Măr (soiuri nordice)	5,5-7,0	Frag	6,0-7,0
Cireş	5,2-8,0	Prun	6,0-8,0
Vişin	5,4-8,0	Cais	7,0-8,0
Păr	6,0-7,5		
Toleranţă la alcalinitate (pH $\in$ 7,0-8,0)			
Vişin	7,0-8,0	Smochin	7,0-7,5
Gutui	7,0-8,0	Migdal	7,0-8,0
Măr (soiuri sudice)	7,0-7,5	Piersic	6,5-8,4

4.1.1. Influenţa reacţiei solului asupra activităţii microorganismelor şi mobilităţii elementelor nutritive

Reacţia solului influenţează mult şi activitatea microorganismelor din sol şi mobilitatea şi accesibilitatea pentru plante a elementelor nutritive, altfel spus regimul elementelor nutritive în sol.

Astfel, bacteriile aerobe fixatoare de azot atât cele simbiotice (Rhizobium), cât şi cele nesimbiotice (Azobacter), au pH-ul optim cuprins între 6,5 -7,5 . Bacteriile anaerobe fixatoare de azot (Clostridium) sunt mai tolerante la aciditate , pH-ul optim fiind între 5,7-7.

Bacteriile nitrificatoare au pH cuprins între 6,6-8, deci slab acid – slab alcalin. Reacţia acidă inhibă puternic activitatea microorganismelor nitrificatoare (Budoi, 2000). Bacteriile denitrificatoare au pH optim cuprins între 7-8, denitrificarea având însă loc la pH între 3,9-9.(Tate, 1995; Budoi, 2000). Ciupercile, spre deosebire de bacterii, preferă un mediu acid.

Dacă pe solurile puternic acide, numeroase specii de plante se dezvoltă slab sau pier, aceasta nu se datorează numai prezenţei în cantitate mare a ionilor H^+, ci întregului complex al solului, în special Al^{3+} şi Mn^{2+} mobili în soluţia solului peste anumite limite, a carenţei unor elemente nutritive, precum şi a dezechilibrelor produse de aciditate în accesibilitatea lor pentru plante.

Sursa de azot pentru plante este materia organică, descompunerea acesteia fiind redusă la valori ale pH-ului mai mici de 7. Fosforul are mobilitate mai mare în solurile cu pH = 5,5-7,0. La pH< 5,5 are loc formarea fosfaţilor de fier şi aluminiu, insolubili, din care fosforul este inaccesibil plantelor. La valori ale pH-ului > 7,0 şi până la 8,5 , se formează fosfaţii secundari şi terţiari de calciu, greu solubili, din care plantele nu pot utiliza fosforul. La pH> 8,5 se formează fosfaţi de sodiu, uşor solubili şi accesibili plantelor. Pe solurile acide potasiul este uşor levigat, spre deosebire de solurile neutre şi alcaline, iar în urma amendării cu calciu, mobilitatea sa scade. Ionii de Ca^{2+} determină o desorbţie accentuată a K^+ din complexul coloidal, şi au un efect antagonic asupra absorbţiei lui de către plante.

Calciul şi magneziul sunt mai solubile la valori ale pH-ului mai mari de 6,0. Fierul, cuprul şi zincul au mobilitate redusă la pH> 7,5. ***Borul*** este foarte mobil la pH scăzut, iar ***molibdenul*** la pH neutru (6,7-7) (Goian, 2000).

În solurile acide, aluminiul trece parţial în forme solubile, concentraţiile ridicate de Al^{3+} în soluţia nutritivă având efecte dăunătoare asupra rădăcinilor, care suferă modificări morfologice, se înnegresc, au loc modificări ale capacităţii de absorbţie şi de reţinere a cationilor. Al^{3+} ocupă poziţiile de schimb ale perişorilor radiculari, împiedicând absorbţia altor elemente nutritive: K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}ş.a. În prezenţa Al^{3+}, fosforul introdus în sol prin intermediul îngrăşămintelor, este inaccesibil plantelor datorită formării $AlPO_4$, insolubil şi neaccesibil plantelor. Ca urmare, pe solurile puternic acide, cu mult aluminiu, se impune aplicarea unor cantităţi ridicate de îngrăşăminte fosfatice, pentru a împiedica pe de o parte carenţa de fosfor, iar pe de altă parte efectul nociv al aluminiului prin precipitarea lui sub formă de fosfat terţiar. Efectul negativ al aluminiului începe de la 15-50 ppm Al schimbabil, iar de la 0,3 me/100 g sol (27 ppm Al) se impune amendarea calcică (Borlan, 1982).

Alături de aluminiu, manganul produce şi el efecte de toxicitate la concentraţii foarte variate, în funcţie de sensibilitatea plantelor faţă de acest element. Astfel, în timp ce unele plante manifestă tulburări importante la concentraţii de 1-4 ppm Mn, porumbul poate tolera concentraţii de peste 15 ppm Mn, fără efecte de frânare a creşterii. Mn se acumulează mai mult în partea aeriană a plantei, fapt ce produce tulburări în metabolismul proteinelor. Simptomele frecvente ale toxicităţii sunt apariţia de pete brune pe frunze. Excesul de Mn în soluţia solului cauzează, uneori, simptome ce indică falsa lipsă a fierului.

4.2. Corectarea compoziţie ionice a solurilor acide

Reacţia acidă este dată atât de ionii de H^+ şi Al^{3+} aflaţi în soluţia solului (*aciditatea actuală*) cât şi de ionii respectivi aflaţi adsorbiţi la nivelul coloizilor solului (*aciditatea potenţială*).

Aciditatea actuală este dată de concentraţia ionilor de hidrogen aflaţi în soluţia solului ca urmare a disocierii unor acizi. Are influenţă directă asupra creşterii şi dezvoltării plantelor şi reprezintă un indice calitativ privind necesitatea de amendare.

Aciditatea potenţială este dată de concentraţia ionilor de hidrogen şi aluminiu care se află adsorbiţi în complexul coloidal şi care pot trece, prin schimb, în soluţia solului. Această aciditate este mult mai importantă sub aspectul necesităţii intervenţiei de amendare a solurilor. Aciditatea potenţială la rândul ei, funcţie de tăria de legătură a hidrogenului poate fi de schimb şi hidrolitică.

Solurile acide prezintă pentru plantele de cultură o serie de neajunsuri, cum ar fi:

- fitotoxicitate, ca urmare a aluminiului şi manganului în forme schimbabile;
- nutriţia deficitară cu unele elemente nutritive (potasiu, magneziu) sau dereglată la unele microelemente;
- proprietăţi fizice ale solului puţin favorabile;
- activitatea microbiologică din sol redusă ş.a.

Toate acestea determină ca nutriţia, creşterea şi dezvoltarea plantelor de cultură să fie stânjenită, recoltele reduse şi inferioare calitativ în cele mai frecvente cazuri şi prin urmare se impune corectarea reacţiei acide a solului.

4.2.1. Produse utilizate pentru ameliorarea reacţiei acide a solurilor

Corectarea reacţiei acide a solului se face prin utilizarea unor produse şi anume amendamentele care conţin calciu sub formă de $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$, CaO singure ori în amestec cu $MgCO_3$, argilă, nisip sau alte impurităţi, principalele amendamente utilizate în ţara noastră fiind prezentate în continuare.

Carbonatul de calciu $CaCO_3$ (agrocalcarul sau piatra de var) este principalul amendament utilizat pentru corectarea reacţiei acide a solurilor.

Produsul se prezintă sub formă de pulbere albă, alb murdar, vânăt sau roşcat. Pentru a fi eficient în corectarea reacţiei solurilor este necesar ca pul-

berea să fie foarte fină (30% să treacă prin sita cu ochiuri de 0,15 mm, 50% prin sita de 0,3 mm şi 95% prin sita de 1,65 mm.

Puterea de neutralizare (PNA) este 100, fiind considerat amendamentul de referinţă pentru raportarea puterii de neutralizare a celorlalte amendamente. Are acţiune mai înceată şi se recomandă pe solurile moderat puternic acide.

Varul ars CaO se obţine în urma calcinării (arderii) pietrei de var la o temperatură de 950-1000 °C. Se prezintă sub forma unei pulberi albe sau alb gălbui.

Puterea de neutralizare este 150-185%, are acţiune rapidă şi se recomandă pe soluri acide argiloase.

Varul stins $Ca(OH)_2$ rezultă din varul ars în urma tratării acestuia cu apă (stingerii) – 1 parte apă la 3 părţi de var.

Se prezintă sub forma unei pulberi fine de culoare albă sau alb gălbui, are puterea de neutralizare de 135% şi acţiune rapidă. Se recomandă pe solurile acide argiloase.

Dolomitul este un carbonat dublu de calciu şi magneziu, la care se mai adaugă şi argilă. Are puterea de neutralizare de 80-110% şi se recomandă ca amendament sub formă de făină fin măcinată, pe soluri acide mai uşoare, nisipoase sau nisipo-lutoase.

Marnele sunt roci sedimentare, fiind recomandate marnele calcaroase pentru corectarea reacţiei acide a solurilor.

Puterea de neutralizare este cuprinsă între 45-95% funcţie de calitatea materialului. Are acţiune lentă.

Se aplică toamna pe teren în grămezi mici, urmând ca peste iarnă să se producă dezagregarea, iar primăvara să fie împrăştiată şi încorporată în sol.

Tuful calcaros se prezintă sub forma unor mase spongioase, ce conţin 90-100% $CaCO_3$.

În vederea utilizării trebuie să fie foarte fin măcinat.

Spuma de defecare este un reziduu de la fabricile de zahăr ce rezultă în urma purificării siropului obţinut din sfecla de zahăr. Conţine 60-75% $CaCO_3$, 10-15% materie organică, 0,3-0,7% N, 0,1-0,8% P_2O_5 0,2-1,0% K_2O.

Are un conţinut ridicat de apă, care după uscarea pe platformă se reduce la cca. 25-30% ceea ce permite transportarea pe câmp şi aplicarea.

Într-o măsură mai mică mai sunt prezente şi alte amendamente: zgura de furnal (zgura lui Thomas) şi carbonarul de calciu rezidual de la fabricarea sodei.

În tabelul 4.4. se prezintă sintetic valorile PNA pentru principalele amendamente utilizate în agricultură.

4.2.2. Stabilirea dozelor de amendamente pentru corectarea reacţiei acide a solurilor

Pentru corectarea reacţiei acide a solurilor se ţine seama de reacţia solului, capacitatea totală de schimb cationic, gradul de saturaţie în baze, conţinutul de humus şi de asemenea de speciile cultivate şi structura culturilor în cadrul asolamentului.

Tabelul 4.4

Puterea de neutralizare a diferitelor amendamente "calcaroase", PNA, raportată la $CaCO_3$ pur
(sinteză după diferiţi autori)

Amendamentul	PNA %
CaCCo3 pur	100
Calcar, piatră de var, $CaCO_3$	90-95
$CaCO_3$ cu N rezidual (CCNR)	65-85
$CaCO_3$ precipitat din industria sodei	65-85
Calcar dolomitic. $CaCO_3$- $MgCO_3$	90-100
Dolomit, $CaCO_3$ $MgCO_3$	95-105 J
Marne calcaroase	25-90
Nămolul de defecaţie	40-75
Tufuri calcaroase	85-95
Var nestins, oxid de Ca, CaO	150-170
Var stins, hidroxid de Ca, $Ca(OH)_2$	130
Zgură de oţelărie	90

Există o serie de indicatori care ne dau informaţii privind necesitatea de amendare a solurilor acide.

1. *p*H-*ul solului*
   a) în extract salin:
   *p*H < 4,5 - nevoia de amendare este mare;
   *p*H < 4,6 – 5,5 - nevoia de amendare este mijlocie;
   *p*H < 5,6 – 5,8 - nu se impune amendarea solului;
   b) în extract apos:
   *p*H < 5,5 - nevoia de amendare este mare;
   *p*H < 5,6 – 6,2 - nevoia de amendare este mijlocie;
   *p*H < 6,3 - nu se impune amendarea solului;
2. *Gradul de saturaţie în baze (V)*
   V% < 50% - necesitatea de amendare este mare;
   V% = 50-70% - necesitatea de amendare este moderată;
   V% > 70% necesitatea de amendare este mică sau nu se impune;
3. *Urgenţa de calcarizare (Uca)*
   a) asolamente de câmp fără leguminoase:
   $UCa = 4\text{-}0{,}20\ (Al/S_B)\cdot 100$
   b) asolamente de câmp cu leguminoase perene şi legume în câmp:
   $UCa = 4\text{-}0{,}40\ (Al/S_B)\cdot 100$
   c) plantaţii de pomi fructiferi şi viţă de vie:
   $UCa = 4\text{-}0{,}18\ (Al/S_B)\cdot 100$
   d) pajişti naturale:
   $UCa = 4\text{-}0{,}085\ (Al/S_B)\cdot 100$

unde:

Al – aluminiul schimbabil (m.e./100 g.sol)
S_B – suma bazelor schimbabile (m.e./100 g.sol)

Valorile acestui indicator variază între 0 (când necesitatea de amendare este foarte mare) şi 4 (când amendarea nu este necesară pentru moment).

4. Raportul Al/S_B x 100

a) pentru asolamente de câmp fără leguminoase perene:

Al/S_B x 100 > 5 – amendarea este eficientă;

b) pentru asolamente de câmp cu leguminoase perene şi culturi legumicole:

Al/S_B x 100 > 2,5 – amendarea este eficientă;

c) pentru plantaţii pomi-viticole:

Al/S_B x 100 > 6 (pe adâncimea solului de 0-40 cm) – amendarea este eficientă;

Doza de amendament se stabileşte pe bază de calcul, în raport cu valorile indicilor agrochimici ai solului care intervin în calcul şi plantele de cultură.

Cantităţile de amendament necesare pentru corectarea acidităţii variază între 2-3,5 t/ha pentru o unitate de *p*H, iar calcularea dozei se face cu relaţia:

$$Doza\ \ CaCO = S_{Bi}\left(\frac{Vd}{Vi} - 1\right) \times 1{,}5 \times \frac{100}{PNA}\ \text{(t/ha)}$$

unde:

- S_{Bi} - suma iniţială a bazelor de schimb m.e./100 g.sol;
- V_d - gradul de saturaţie cu baze dorit a se realiza prin amendare (100% pentru asolamente de câmp cu leguminoase perene şi pentru culturi de legume, 90% pentru asolamente de câmp fără leguminoase perene, 75-80% pentru plantaţii de pomi, arbuşti fructiferi şi viţă de vie);
- V_i - gradul de saturaţie cu baze iniţial;
- *PNA* - puterea de neutralizare a amendamentului.

La aplicarea amendamentelor cu calciu pe solurile acide distingem două situaţii şi anume:

- *amendare pentru corectarea de bază* a reacţiei acide a solului, care presupune doze ridicate de amendamente la intervale de timp mai mari;
- *amendarea de întreţinere* cu scopul de a menţine *p*H-ul solului la un anumit nivel în raport cu cerinţele plantelor, care se face cu doze mai mici de amendamente (în general cu o jumătate din doza folosită la amendarea de bază) şi la intervale mai mici 4-6 ani.

Epoca de aplicare a amendamentelor

Aplicarea amendamentelor se poate face teoretic, în orice moment al anului dar se recomandă ca aplicarea lor să se facă vara sau toamna iar încorporarea în sol să se facă odată cu arătura de bază (de vară sau toamnă) pentru o mai bună omogenizare cu masa solului şi pentru o eficienţă sporită a tratamentului.

Având în vedere faptul că solurile care reclamă astfel de tratamente de amendare au un conţinut mai scăzut de humus, se recomandă şi aplicarea de îngrăşăminte organice (gunoi de grajd) odată la 3-4 ani în doze de 20-30 t/ha.

ÎNTREBĂRI

1. Ce este reacția solului și care este semnificația agrochimică?
2. Cum pot fi caracterizate solurile după mărimea valorii pH?
3. Care este domeniul de pH acid al solurilor și ce influență are pentru nutriția plantelor?
4. Cum se raportează principalele plante horticole față de reacția solului?
5. Care sunt indicatorii utilizați pentru stabilirea nevoii de corectare a acidității solurilor?
6. Valoarea *p*H (în extract apos) a unui sol este de 5,5 iar gradul de saturaţie în baze de 60% Apreciaţi nivelul reacţiei solului şi necesitatea de amendare funcţie de cei doi indicatori.

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 6

REACŢIA SOLULUI ŞI CORECTAREA EI PRIN AMENDAMENTE (II)

Cuvinte cheie: reacția solului, pH, amendamente, reacție alcalină, soluri alcaline

Rezumat: Solurile acide şi alcaline, ca urmare a reacţiei şi însuşirilor fizice, fizico-chimice şi biologice ce condiţionează şi însoţesc această reacţie, nu satisfac în mod corespunzător cerinţele de nutriţie a plantelor.

Pe astfel de soluri este necesar ca aplicarea îngrăşămintelor să fie precedată, iar uneori şi însoţită şi de amendamente care nu servesc direct ca elemente nutritive, sau servesc în mică măsură, dar ameliorează compoziţia ionică a solului (îmbunătăţeşte mediul de nutriţie) şi prin aceasta toate celelalte însuşiri ce condiţionează nutriţia plantelor.

Sunt prezentate în continuare principalele însuşiri ale solurilor alcaline, indicatorii de caracterizează aceste soluri precum şi principalele amendamente utilizate la ameliorarea solurilor respective.

4.3. Corectarea compoziţie ionice a solurilor alcaline

Solurile cu un conţinut ridicat de săruri solubile şi *p*H ridicat din ţara noastră totalizează aproximativ 510.000 ha, din care 50% sunt soluri saline şi alcalice şi 50% soluri salinizate şi alcalinizate.

Solurile saline (solonceacuri) au un conţinut ridicat de săruri în soluţia solului care afectează germinaţia şi creşterea plantelor. Conţinutul de sodiu schimbabil este sub 15% din capacitatea totală de schimb cationic, iar conţinutul de săruri este mai ridicat în orizontul superior şi scade spre adâncimea profilului de sol.

Solurile alcalice (soloneţuri) prezintă un conţinut de sodiu mai mare de 15% din capacitatea totală de schimb cationic ca urmare a prezenţei sodei (Na_2CO_3) în soluţia solului, salinitatea fiind mai scăzută la suprafaţă.

Rol determinant în apariţia reacţiei alcaline îl au sărurile ce hidrolizează alcalin: Na_2CO_3, K_2CO_3, $NaHCO_3$, $KHCO_3$, $MgCO_3$, $CaCO_3$, etc.

Din punct de vedere agrochimic, solurile afectate de alcalinitate şi de un conţinut ridicat de săruri solubile se clasifică astfel:

solonceacuri : sunt soluri caracterizate printr-un conţinut ridicat de săruri solubile în orizontul superior, peste 1-1,5g/100g sol. În compoziţia chimică a acestor soluri predomină: NaCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$, Na_2SO_4, $MgSO_4$, Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $NaNO_3$, KNO_3;

Tipul de salinizare se stabileşte după raportul ionilor gram în m.e. ast-

fel:

Salinizare clorurică: $\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}} \geq 1{,}1$

Salinizare sulfatică: $\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}} \leq 1{,}0$

Salinizarea clorurică este mai greu de suportat de către plante decât salinizarea sulfatică.

soloneţurile : sunt soluri caracterizate printr-un conţinut ridicat de sodiu schimbabil în complexul adsorbitiv , mai mare de 15% din T şi cu reacţie alcalină, ca urmare a prezenţei Na_2CO_3 şi $NaHCO_3$ în soluţia solului.

Gradul de alcalizare se stabileşte în funcţie de procentul de sodiu adsorbit, conform formulei:

PSA% = $\frac{Na}{T}$ * 100,

unde:

PSA – procentul de sodiu adsorbit

Na – conţinutul de sodiu schimbabil al solului, me/100g sol

T – capacitatea totală de schimb cationic, me/100 g sol .

Factorii care determină alcalinizarea solului sunt diferiţi (naturali şi antropici) şi anume: roca-mamă, pânza de apă freatică cu conţinut ridicat de săruri, apa necorespunzătoare de irigare cu o cantitate mare de săruri (dură), îngrăşăminte chimice cu indice de salinitate ridicat şi aplicate necorespunzător faţă de tipul de sol (azotatul de sodiu, clorura de potasiu ş.a.), dezinfectarea solului cu aburi în spaţiile protejate ş.a.

Plantele de cultură prezintă toleranţă şi sensibilitate diferită faţă de conţinutul de săruri din sol, ele grupându-se astfel:

- *plante cu toleranţă scăzută*: bobul, fasolea, ridichile, salata, ţelina iar dintre pomii fructiferi caisul, căpşunul, lămâiul, mărul, portocalul şi piersicul;

- *plante cu toleranţă mijlocie*: ardeiul, brocoli, castravetele, conopida, ceapa, cartoful, pepenele galben, dovleceii, mazărea, morcovul, tomatele, varza de toamnă iar dintre pomii fructiferi gutuiul, măslinul, smochinul, părul şi viţa de vie;

- *plante cu toleranţă ridicată (rezistente)*: dovleacul, spanacul, sparanghelul, sfecla, varza creaţă, vinetele iar dintre speciile pomicole curmalul şi migdalul.

Pentru caracterizarea solurilor sărăturate se utilizează frecvent următorii indici:

- *conductibilitatea electrică (CE)* care la solurile saline are valoare mai mare de 4 mmho/cm la 25°C;

- *procentul de sodiu adsorbit (PSA)* din complexul coloidal, care depăşeşte valoarea 12 la solurile saline;

- *raportul de sodiu adsorbit (RSA)* care este dat de raportul dintre sodiul schimbabil (Na me/100 g sol) şi capacitatea de saturaţie cu ceilalţi cationi

în afară de sodiu (T- Na me/100 g sol);

- *raportul de adsorbţie a sodiului (RSA)* care arată activitatea relativă a ionului de sodiu în reacţia de schimb a complexului coloidal faţă de ionii de calciu şi magneziu.

O prezentare a solurilor în funcţie de aceşti indici este redată în tabelul 4.6, dar pentru caracterizare complexă a lor şi stabilirea măsurilor ameliorative, trebuiesc cunoscute şi repartizarea pe profil a sărurilor solubile precum şi natura cationilor şi anionilor ce intră în alcătuirea lor.

Tabelul 4.3

Caracterizarea solurilor saline
(DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992)

Caracterizarea solului	Valoarea indicilor de caracterizare		
	PSA	RSA	RAS (SAR)
Nesoloneţizat	< 5	< 0,05	< 4
Soloneţizare scăzută	5-10	0,05-0,11	4-8
Soloneţizare mijlocie	10-15	0,11-0,18	8-12
Soloneţizare ridicată	15-20	0,18-0,25	12-18
Soloneţ	> 20	> 0,25	> 18

4.3.1. Produse utilizate pentru ameliorarea reacţiei alcaline a solurilor

În raport cu provenienţa lor, materialele folosite în scopul ameliorării însuşirilor negative ale solurilor saline şi alcalice se grupează astfel:

- *amendamente propriu-zise*: gipsul, sulful elementar, lignitul şi calcarul;

- *preparate chimice*: acidul sulfuric, sulfatul de aluminiu şi sulfatul de fier;

- *deşeuri industriale*: fosfo-gipsul, spuma de defecare, diferite reziduuri industriale ce conţin sulfat de fier şi sulfat de aluminiu, reziduu de la fabricarea furfurolului, ape reziduale de la fabricarea acidului sulfuric.

În continuare sunt prezentate materialele ameliorative frecvent utilizate în ţara noastră pentru ameliorarea acestor soluri.

Gipsul nativ se prezintă în natură în stare amorfă sau cristalizată, de culoare alb-gălbuie sau cenuşie. Pentru aplicare materialul trebuie să fie fin măcinat, astfel încât cel puţin 70-80% să treacă prin sita cu ochiuri de 0,25 mm iar restul prin cea cu ochiuri de 2 mm. Conţine în medie 15-18% S şi 31% CaO; valoarea de acidifiere este 100%. Are solubilitate lentă şi este recomandat pentru ameliorarea solurilor sărăturate fără carbonaţi de sodiu, pe sărături cu cloruri şi sulfaţi.

Fosfogipsul este un reziduu rezultat la fabricarea acidului fosforic pe cale umedă şi a fosfatului trisodic. Întrucât la evacuarea din instalaţii are umiditate ridicată, se impune păstrarea lui în grămezi mici pentru zvântare, iar pentru aplicare trebuie să aibă cel mult 10% apă. Conţine 75-80% $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ şi 3-8% P_2O_5, dând rezultate superioare gipsului la utilizarea ca amendament. Valoarea de acidifiere este 75-80%.

Clorura de calciu $CaCl_2 \cdot 6H_2O$, rezultă ca deşeu la fabricile de sodă. În urma aplicării calciu înlocuieşte sodiul rezultând clorura de sodiu ce poate fi îndepărtată prin spălare cu ape dulci.

Sulful nativ este utilizat mai rar ca amendament ca urmare a preţului ridicat. Se recomandă pe solurile ce conţin $CaCO_3$ sau se aplică concomitent şi $CaCO_3$ pe solurile salinizate.

Praful de lignit rezultă de la exploatările miniere şi poate fi utilizat pentru ameliorarea solurilor soloneţizate.

Reziduu de la fabricarea furfurolului se prezintă ca un nămol în care se află diferite resturi organice (coceni de porumb, coji de la seminţele de floarea-soarelui ş.a.) şi acide (H_2SO_4). Are atât efect de amendament cât şi ca îngrăşământ.

4.3.2. Stabilirea dozelor de amendamente pentru ameliorarea solurilor alcaline

Pe solurile puternic alcaline corectarea reacţiei se face prin tratarea solului cu amendamente care conţin radicalul SO_4^{2-} - sulfat de calciu, fosfogips, sau sulf, care prin oxidare trece în dioxid de sulf şi apoi în acid sulfuric.

Calcularea dozelor de amendamente pe aceste soluri se face cu relaţia:

$$Doza\ de\ amendament = 0{,}086 \times (Na - 0.1 \times T) \times h \times DA$$

unde:

- *Na* conţinutul în sodiu schimbabil m.e./100 g sol;
- *T* capacitatea totală de schimb cationic m.e./100 g sol;
- *h* grosimea stratului de sol care urmează a se ameliora, cm;
- *DA* densitatea aparentă a solului, în g/cm$^{3;}$
- *0,1* limita conţinutului de Na schimbabil din T (10%).

Pe solurile alcaline, pentru a creşte eficienţa amendării solului se impune concomitent cu aplicarea amendamentelor şi efectuarea de spălări ale sărurilor metalelor alcaline prin irigaţie.

Efectul lucrărilor de amendare calcică sau gipsică a solurilor acide sau alcaline se menţine câţiva ani, în raport cu gradul de aciditate respectiv alcalinitate al solului, tehnologia de cultură ş.a. iar lucrările de ameliorare trebuiesc reluate în urma unei noi evaluări a situaţiei din teren.

4.4. Puterea tampon a solului

Prin *putere tampon a solului* se înţelege capacitatea acestuia de a se opune modificărilor bruşte ale unor însuşiri ale sale. Solul posedă putere tampon faţă de ionii nutritivi, faţă de acumularea unor săruri, dar cea mai importantă este puterea tampon pentru pH.

Puterea tampon pentru pH este proprietatea solului de a se opune

tendinţei de modificarea a reacţiei sale, la adăugarea unei substanţe cu pH acid sau bazic.

În sol există două importante sisteme tampon:

- un prim sistem tampon format dintr-un acid slab şi sărurile sale cu o bază tare (acidul carbonic - carbonaţi, acizii humici - humaţi, acizii silicici - silicaţi). Astfel, în urma aplicării unui îngrăşământ cu reacţie potenţial acidă, cum este $(NH_4)_2SO_4$, ionii NH_4^+ vor fi consumaţi de către plante, vor fi supuşi procesului de nitrificare sau vor fi adsorbiţi de către complexul coloidal al solului, iar H_2SO_4 rezultat va intra în reacţie cu $CaCO_3$ din sistemul tampon $H_2CO_3 – CaCO_3$:

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow \underset{\text{sare neutră}}{CaSO_4} + CO_2 + H_2O$$

În cazul aplicării unui îngrăşământ cu reacţie potenţial bazică, cum este $Ca(NO_3)_2$, ionul NO_3^- va fi consumat de către plante sau microorganisme, iar $Ca(OH)_2$ rezultat va intra în reacţie cu H_2CO_3 din sistemul tampon $H_2CO_3 – CaCO_3$:

$$H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow \underset{\text{sare neutră}}{CaCO_3} + 2\ H_2O$$

- un al doilea sistem tampon format din complexul coloidal al solului. Este cel mai important sistem tampon al solului, funcţionând ca un sistem amfoter. La aplicarea unui îngrăşământ cu caracter acid, cationii bazici din complexul coloidal vor fi înlocuiţi cu ionii de hidrogen:

$$\begin{bmatrix} complex \\ coloidal \end{bmatrix} Ca^{2+} + H_2SO_4 \rightarrow \begin{bmatrix} complex \\ coloidal \end{bmatrix}^{H^+}_{H^+} + CaSO_4$$

La aplicarea unui îngrăşământ cu caracter bazic, ionii de hidrogen din complexul adsorbitiv vor fi înlocuiţi de către cationii bazei:

$$\begin{bmatrix} complex \\ coloidal \end{bmatrix}^{H^+}_{H^+} + Ca(OH)_2 \rightarrow \begin{bmatrix} complex \\ coloidal \end{bmatrix} Ca^{2+} + 2\ H_2O$$

Puterea tampon a solurilor depinde de natura argilelor şi de cantitatea lor, precum şi de conţinutul de humus. Solurile argiloase au o putere tampon ridicată, în timp ce solurile nisipoase au o putere tampon redusă. Pe solurile cu capacitate tampon redusă nu se pot aplica cantităţi foarte mari de îngrăşăminte deodată, doza totală trebuind să fie aplicată în mai multe fracţii şi la intervale scurte de timp în funcţie de cerinţele plantelor.

Întrebări

7. Valoarea *p*H (în extract apos) a unui sol este de 5,8 iar gradul de saturaţie în baze de 64% Apreciaţi nivelul reacţiei solului şi necesi-

tatea de amendare funcţie de cei doi indicatori.

8. Pe un teren cu gradul de saturaţie în baze V = 72% urmează a se înfiinţa culturi legumicole. În ce cantitate se va aplica oxidul de calciu pentru corectarea reacţiei solului ? Dar hidroxidul de calciu şi marna?
9. Un sol pe care urmează a se înfiinţa o plantaţie de pomi fructiferi are valoarea *p*H de 5,5 şi gradul de saturaţie în baze de 52%. Apreciaţi dacă este necesară corectarea reacţiei solului şi dacă da, în ce cantitate se va aplica amendamentul carbonat de calciu ?
10. Ce doză de amendamente este necesară pentru a corecta însuşirile unui sol care are următorii indici agrochimici: conţinutul în sodiu schimbabil (Na) 12 m.e./100 g sol, capacitatea totală de schimb cationic (T) 40%, densitatea aparentă (DA) 1,2 g/cm^3 iar adâncimea pe care se doreşte amendarea este de 20 cm.
11. Prezentaţi principalele amendamente specifice pentru solurile acide. Care dintre ele are acţiunea cea mai rapidă în ce priveşte corectarea reacţiei solului ?
12. Care sunt principalele amendamente recomandate pentru corectarea reacţiei alcaline a solurilor ?
13. Care sunt indicatorii care ne dau informaţii privind necesitatea de amendare a solurilor acide ?
14. Enumeraţi câteva plante de cultură cu toleranţă medie la alcalinitate şi la aciditate.

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 7

ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (I)

Cuvinte cheie: îngrășăminte organice, îngrășăminte minerale, substanță activă, azot, îngrășăminte cu azot

Rezumat: Substanţele nutritive constituie, alături de apă, factorii de vegetaţie care se află cel mai frecvent în deficit faţă de necesarul plantelor, fapt pentru care prezenţa lor în cantităţi optime şi rapoarte echilibrate condiţionează cel mai mult producţia plantelor.

Îngrăşămintele sunt prezente într-o gamă mare de sortimente (îngrăşăminte cu azot, fosfor şi potasiu, macroelemente de ordin se-cundar, microelemente, îngrăşăminte complexe şi mixte, organice) iar cunoaşterea lor este necesară pentru a stabili, funcţie de condiţiile pedo-cliamtice şi culturale, ce îngrăşământ se va aplica, în ce doză şi perioadă, astfel încât plantele să transforme această investiţie într-un plus cantitativ şi calitativ de recoltă, în condiţii de eficienţă economică şi de menţinere a echilibrelor de mediu.

Sunt prezentate în continuare noţiuni generale despre îngrăşăminte, precum şi principalele sortimente de îngrăşăminte cu recomandări de utilizare

5.1. Noţiuni generale despre îngrăşăminte

Din punct de vedere agrochimic *prin îngrăşăminte se înţeleg substanţe minerale sau organice, simple sau compuse, naturale sau obţinute prin sinteză, sub formă solidă sau lichidă şi care se aplică în sol la suprafaţa lui sau pe plantă cu scopul de a completa necesarul de ioni nutritivi pentru nutriţia plantelor plantelor, de a menţine sau ridica fertilitatea solului, de a sporiri producţia agricolă în condiţiile menţinerii echilibrului de mediu*, după DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992.

Îngrăşămintele pot fi clasificate după mai multe criterii (chimic, fizic, tehnologic, agrochimic, accesibilitatea pentru plante ş.a.) dar pentru cerinţele plantelor criteriul agrochimic este cel mai cuprinzător, funcţie de care avem două clase mari de îngrăşăminte: *îngrăşăminte chimice şi îngrăşăminte organice.*

Îngrăşămintele chimice cuprind acele substanţe fertilizante care au fost obţinute prin prelucrarea fizică şi chimică a unor produse de natură anorganică. În funcţie de elementul nutritiv principal cu rol în nutriţia plantelor care predomină în masa îngrăşământului chimic se deosebesc mai multe ti-

puri de îngrăşăminte chimice:

- *îngrăşăminte chimice cu azot;*
- *îngrăşăminte chimice cu fosfor;*
- *îngrăşăminte chimice cu potasiu;*
- *îngrăşăminte chimice cu macroelemente de ordin secundar;*
- *îngrăşăminte chimice cu microelemente;*
- *îngrăşăminte chimice complexe şi mixte.*

Îngrăşămintele organice cuprind anumite produse reziduale care provin din diferite sectoare ale economiei, unele zăcăminte naturale de natură organică, precum şi anumite culturi speciale. În cadrul acestei grupe se deosebesc, funcţie de provenienţa îngrăşământului, următoarele sortimente:

- *îngrăşăminte organice locale;*
- *turba;*
- *îngrăşămintele verzi.*

5.1.1. Caracteristici de bază ale îngrăşămintelor

Îngrăşămintele au proprietăţi fizico-chimice diferite, ceea ce determină particularităţi în aplicarea lor, dar în general un îngrăşământ ideal, după DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992, trebuie să prezintă următoarele calităţi:

- conţinut ridicat de elemente nutritive majore (N, P, K);
- conţinut ridicat al sumei ionilor nutritivi de ordin secundar (Ca, Mg, S);
- conţinut scăzut în microelemente;
- îngrăşămintele chimice solide să fie nehigroscopice, sub formă granulată, cu solubilitate ridicată în sol;
- îngrăşămintele chimice lichide să nu cristalizeze;
- coeficient ridicat de utilizare;
- să se fixeze cât mai puţin în sol în compuşi greu solubili şi forme greu accesibile pentru plante;
- să nu se piardă prin levigare;
- să se fabrice cu uşurinţă, să se păstreze şi să se aplice uşor;
- să aibă un preţ scăzut.

Nici un îngrăşământ nu însumează toate aceste calităţi şi de aceea trebuie cunoscut fiecare tip de îngrăşământ şi utilizat funcţie de proprietăţile specifice, condiţiile pedoclimatice şi culturale.

5.1.2. Exprimarea substanţei active din îngrăşăminte

Valoarea fertilizantă a îngrăşămintelor se apreciază în primul rând după conţinutul în substanţă activă, care reprezintă conţinutul în ioni nutritivi uşor asimilabili plantelor.

Întrucât plantele nu asimilează elementele sub formă de oxizi (P_2O_5, K_2O, CO ş.a.) ci sub formă de ioni (NO_3^-, NH_4^+, K^+ *s.a.*), se consideră mai corect să se exprime conţinutul substanţei active a îngrăşămintelor sub formă de elemente. Exemple: azotatul de amoniu - 33,5%N, ureea 46,6%N, sulfatul de amoniu - 21,21%N, superfosfatul concentrat 38-54%P_2O_5, sarea potasică - 50%K_2O ş.a.).

A. Îngrăşăminte minerale cu macro-elemente de bază

5.2. Îngrăşăminte minerale cu azot

5.2.1. Azotul în plantă şi sol

Azotul este elementul nutritiv de cea mai mare importanţă în viaţa plantelor, fiind factor hotărâtor în sporirea producţiei culturilor.

Are un rol complex intrând în componenţa aminoacizilor, enzimelor, proteinelor protoplasmatice structurale, acizilor nucleici ş.a.; participă la procesele de creştere a plantelor.

Asimilarea azotului de către plante are loc în decursul întregii perioade de vegetaţie dar cu intensităţi variate funcţie specie, de fenofaza de creştere şi dezvoltare.

În primele perioade de vegetaţie, plantele au un necesar redus de azot, cele mai mari cantităţi fiind asimilate în perioada de creştere maximă, de formare şi creştere a organelor vegetative.

Carenţa în azot determină reducerea proceselor metabolice, încetinirea şi oprirea proceselor de creştere. Frunzele rămân mici, au o culoare verde-pal spre gălbui şi cad. Fructele sunt mici şi puţine, iar diferenţierea mugurilor de rod este scăzută.

Excesul de azot conduce la o creştere exagerată a organelor vegetative în detrimentul proceselor de fructificare. Plantele sunt sensibilizate la atacul bolilor şi dăunătorilor, perioada de vegetaţie se prelungeşte, recoltele sunt de calitate inferioară. În frecvente ca-zuri în plante creşte conţinutul de nitraţi, dăunători pentru sănătatea umană având în vedere faptul că de la multe specii legumicole se consumă partea vegetativă proaspătă (frunzoase, rădăcinoase ş.a.).

Prezenţa în natură În atmosferă azotul este prezent în proporţie de 78,09% (în volume), dar plantele superioare nu pot asimila azotul molecular, principala lor sursă de azot fiind în sol.

Azotul este prezent în diferite procente în rocile primare şi sedimentare. Solul conţine azot în stratul arabil (0-20 cm) în cantităţi variabile având valori medii cuprinse între 0,1-0,4% (azot total); funcţie de conţinutul în azot total se poate face o apreciere a gradului de fertilitate a solului, tabelul 5.1.

Tabelul 5.1

Conţinutul de azot şi nivelul de fertilitate a solului

Conţinutul de azot total (%)	Nivelul de fertilitate
< 0,10	fertilitate scăzută
0,11-0,16	fertilitate mijlocie
0,17-0,25	fertilitate ridicată
> 0,25	fertilitate foarte ridicată

Întrucât principala rezervă de azot din sol este reprezentată de humus, o altă apreciere a conţinutului de azot în sol se poate face funcţie de conţinutul de humus (H) sau pe baza indicelui de azot (IN) tabelul 5.2, care

este dat de produsul dintre conţinutul de humus (H) şi gradul de saturaţie în baze (V), conform relaţiei:

$$IN = \frac{H \cdot V}{100}$$

Tabelul 5.2

Starea de aprovizionare cu azot a solului funcţie de conţinutul de humus şi indicele de azot

Conţinutul de humus H (%)	Indicele de azot	Starea de aprovizionare cu azot
< 3	< 2	conţinut scăzut în azot
3-6	2-4	conţinut mediu în azot
> 6	> 4	conţinut ridicat în azot

În plante conţinutul de azot are valori medii cuprinse între 0,2-4,5%, fiind mai ridicat în seminţe şi în plantele leguminoase.

Formele şi sursele de azot accesibile plantelor Formele de azot accesibile plantelor (NO_3^-, NH_4^+, NH_2^-) provin în condiţii naturale din materia organică din sol, respectiv din humus prin mineralizare. În cazul terenurilor cultivate, alături de rezerva solului, azotul pentru nutriţia plantelor provine, în cantitatea cea mai mare, din îngrăşămintele minerale şi cele organice.

În sol cationul NH_4^+ poate fi reţinut prin schimb în complexul adsorbtiv sau poate fi fixat în straturile mineralelor argiloase în timp ce anionul NO_3^- nu este reţinut prin procese de adsorbţie şi poate circula în sol prin procese de difuziune sau curgere liberă; în condi-ţii de exces de umiditate se levigă până la pânza de apă freatică.

Pentru a avea o imagine orientativă asupra necesităţii fertilizării să facem o scurtă analiză a bilanţului azotului în sol. Principalele intrări ale azotului sunt reprezentate prin: îngrăşăminte organice şi minerale, azotul fixat simbiotic, azotul nesimbiotic, resturile organice de la culturile anterioare, azotul din precipitaţii; ieşirile azotului sunt reprezentate de: azotul scos cu recolta, pierderi prin eroziune, levigare în sol, denitrificare.

Prin urmare prin sistemul de fertilizare se caută echilibrarea celor două categorii ale bilanţului – intrări/ieşiri – astfel încât să se asigure o nutriţie corespunzătoare plantelor, fără însă a se ajunge la perturbarea echilibrelor de mediu.

5.2.1.1. Transformările azotului în sol

În sol principalele forme de azot sunt reprezentate de compuşii organici cu azot, ionul NH_4^+ şi NO_3^- în timp ce azotul anorganic din sol este doar o fracţiune mică din azotul total.

Cea mai mare parte din azotul din orizontul cuperior al solului se găseşte sub formă de compuşi organici: proteine (20-40%), hexozoamine (5-10%), derivaţi purinici şi pirimidinici (mai puţin de 1%) şi diverşi compuşi complecşi rezultaţi în urma reacţiei dintre NH_4^+ cu lignine, în urma polimeri-

zării chinonelor cu diverse substanţe cu azot şi în urma condensării zaharurilor şi aminelor. Aceste forme de azot pot fi supuse diferitelor procese de transformare în sol.

Mineralizarea

Mineralizarea este o etapă importantă a în procesul de reciclare a azotului în sol şi constă în descompunerea substanţelor organice cu azot, în compuşi minerali simpli, cu rol important în procesele de nutriţie vegetală. Are loc atunci când azotul din materia organică supusă descompunerii depăşeşte nevoile proprii ale microorganismelor. Mineralizarea se desfăşoară în două etape:

a) proteoliza - reprezintă procesul prin care macromoleculele proteice sunt descompuse, sub acţiunea microorganismelor din sol, în compuşi mai simpli: peptone, peptide, aminoacizi. Descompunerea are loc sub acţiunea bacteriilor heterotrofe în mediu slab acid până la alcalin, şi sub acţiunea ciupercilor în solurile moderat şi puternic acide.

Proteine $\xrightarrow{bacterii,ciuperci}$ R – CH – COOH + CO_2 + energie + produşi adiţionali
(aminoacid)

b) amonificarea: constituie etapa finală a mineralizarii, în cursul căreia produşii rezultaţi în urma proteolizei sunt convertiţi în ioni amoniu.

$$R – CH – COOH + 1/2O_2 \rightarrow R – C – COOH + NH_3$$

cetoacid

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH^+_4 + HO^-$$

Ionul amoniu astfel rezultat poate fi transformat în nitriţi şi nitraţi prin procesul de nitrificare, poate fi absorbit de plantele superioare, poate fi fixat în reţeaua cristalină a mineralelor argiloase, poate fi reţinut de către complexul adsorbitiv al solului sau poate fi consumat de către organismele heterotrofe.

Viteza cu care microorganismele mineralizează substanţele organice este redusă, astfel rezultă un conţinut de 0,5-1 kg N/ha/zi, în funcţie de tipul de sol şi factorii de mediu (Hofman şi van Cleemput, 2004).

Factorii de mediu care favorizează mineralizarea sunt:

temperatura solului : temperatura optimă de mineralizare se situează între 20-50ºC. Tisdale (1993) consideră că intensitatea mineralizării scade la temperaturi sub 5ºC şi peste 40ºC.

umiditatea solului: intensitatea mineralizării creşte odată cu creşterea umidităţii solului până la capacitatea de câmp şi descreşte cu umiditatea peste această limită. Umiditatea optimă pentru mineralizarea azotului din materia organică este situată între 60-90% din capacitatea totală pentru apă a solului (Budoi, 2004).

aeraţia solului: o bună aeraţie a solului stimulează procesele de oxidare şi de mineralizare a materiei organice. Cu cât lucrările solului sunt mai

energice, scade conţinutul în humus.

pH-ul solului: pe solurile neutre şi slab acide, mineralizarea este mai intensă.

Tabelul 5.3

Cantitatea de azot mineralizată (kgN/ha/zi) în stratul arabil (0-30cm) în funcţie de utilizarea solului şi adaosul de materie organică (Hofman şi colab., 2001)

Utilizarea solului	Adaosul de materie organică	Cantitatea de azot mineralizată
Teren arabil	Redus	0,5-0,7
Teren arabil	Moderată	0,9-1,1
Teren arabil	Ridicată	1,1-1,3
Păşune		1,2-1,5

Imobilizarea

Prin *imobilizare* se înţelege, de regulă, un ansamblu de procese care duc la un grad mai înalt de inaccesibilitate a elementelor nutritive pentru plante şi microorganisme.

Există un proces de *imobilizare chimică*, care constă în reţinerea ionului amoniu la nivelul unor componente ale solului (argilă, humus), şi altul de *imobilizare biochimică*, în urma căruia compuşii minerali ai azotului, absorbiţi de plante sau microorganisme, sunt transformaţi în compuşi organici.

Imobilizarea biochimică are loc atunci când, azotul din materia organică nu este suficient, microorganismele consumând azotul anorganic din sol, pe care îl convertesc în proteine celulare şi alţi compuşi organici.

Imobilizarea azotului mineral poate surveni în urma încorporării de material organic proaspăt, în funcţie de coeficientul de humificare sau conţinutul efectiv de materie organică, şi de raportul C/N din materialul organic încorporat.

Când se aplică materie organică cu un conţinut redus de azot, microorganismele necesită un supliment de azot, reducându-se conţinutul de azot mineral al solului şi accesibilitatea lui pentru plante ca urmare a preluării lui de către microorganismele din sol.

Ca urmare, încorporarea de materie organică cu un raport ridicat C/N duce la imobilizare, în timp ce încorporarea unui material organic cu un raport C/N scăzut duce la mineralizare. Un raport C/N de 25-30 este considerat punctul limită dintre mineralizare şi imobilizare. În tabelul 5.4. este prezentată influenţa adaosului de materie organică asupra mineralizării şi imobilizării.

Imobilizarea şi mineralizarea trebuie înţelese ca două procese opuse, simultane, care nu pot avea loc decât împreună.

Nitrificarea

Nitrificarea este procesul de oxidare a ionului NH_4^+ în NO_2^- şi NO_3^- sub acţiunea unei grupe specializate de microorganisme autotrofe.

Procesul de nitrificare se desfăşoară în două etape:

a). în prima etapă NH_4^+ este oxidat la nitriţi NO_2^- (valenţa 3+) de către bacteriile din genul *Nitrosomonas* :

$2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+$

b). în cea de a doua etapă NO_2^- sunt oxidaţi la NO_3^- de către bacteriile din genul *Nitrobacter*:

$2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^-$

Tabelul 5.4

Influenţa diferitelor tipuri de materie organică asupra mineralizării sau imobilizării azotului (Hofman şi colab., 2004)

Tipul de materie organică		Materie organică uscată (kg)	N total kgN/ha	Materie organică efectivă[1] (kg)	Cantitatea de azot imobilizată (kgN/ha)	Cantitatea de azot mineralizată (kgN/ha)
Gunoi de grajd 30t/ha		4500	165	2250	112	53
Nămol 30t/ha	Bovine	1800	130	900	45	85
	Porcine	1800	195	900	45	150
Paie		5000	30	1500	75	-45
Îngrăşăminte verzi		6000	120	1500	75	45

[1]Materie organică efectivă – cantitatea de materie organică rămasă în sol după un an de la încorporare

În timpul nitrificării se formează şi cantităţi reduse de protoxid de azot N_2O (valenţa +1) şi monoxid de azot (valenţa +2).

Nitrificarea este un proces aerob, care necesită oxigen. Umiditatea solului influenţează intensitatea nitrificării. În solurile uscate, are loc o acumulare de ioni NH_4^+ , şi uneori NO_2^-, deoarece speciile *Nitrobacter* sunt mai sensibile decât alte microorganisme.

Intensitatea nitrificării este redusă în solurile acide, crescând pe măsura creşterii pH-ului. În condiţii de alcalinitate are loc acumularea de nitriţi, deoarece activitatea Nitrobacteriilor este inhibată de prezenţa ionului amoniu, care se formează în solurile alcaline.

Nitrificarea este un proces care duce la acidifierea solului ca urmare a eliberării ionilor de hidrogen.

Denitrificarea

Spre deosebire de nitrificare, denitrificarea este un proces anaerob. Este un proces heterotrofic, care necesită un substrat organic. Există două tipuri de denitrificare: o denitrificare biologică şi o chemodenitrificare.

Denitrificarea biologică se referă la reducerea biochimică a ionilor NO_3^- la compuşi gazoşi ai azotului. În timpul denitrificării, ionii NO_3^- şi NO_2^- sunt reduşi, de către microorganisme, la oxizi de azot (NO, N_2O) şi azot molecular (N_2). Aceşti compuşi nu sunt accesibili plantelor. Schematic denitrificarea biologică poate fi reprezentată astfel:

$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$

Reacţiile desfăşurate ale procesului de denitrificare biologică sunt prezentate mai jos:

$NO_3^- + H_2O + 2e^- \rightarrow NO_2^- + 2HO^-$
$NO_2^- + 1/2H_2O + 2e^- \rightarrow 1/2N_2O + 3HO^-$
$NO_2^- + 2H_2O + 3e^- \rightarrow 1/2N_2 + 4HO^-$

Denitrificarea biologică este influenţată de următorii factori: oxigen, umiditate, conţinutul de nitraţi, rezerva de carbon, temperatura, pH, textura solului. Cantitatea şi calitatea materialului organic încorporat (paie, îngrăşăminte organice, nămoluri), precum şi distribuţia lui în sol influenţează intensitatea denitrificării. De asemenea, condiţiile climatice (uscare/umezire, îngheţ/dezgheţ) şi lucrările solului influenţează denitrificarea.

Spaţiul solului umplut cu apă este un parametru ce indică care proces devine predominant: nitrificarea sau denitrificarea, el fiind un indicator al activităţii microbiologice aerobe sau anaerobe din sol.

Absenţa oxigenului din sol duce la stoparea nitrificării (proces aerob) şi la intensificarea denitrificării (proces anaerob). Trebuie menţionat că atât în afara condiţiilor optime, atât la nitrificare, cât la denitrificare, are loc formarea de N_2O (gaz toxic).

În cazul *chemodenitrificării* reducerea nitraţilor la compuşi gazoşi ai azotului nu are loc sub acţiunea microorganismelor. Acest fenomen este important în condiţii acide. Chemodenitrificarea se petrece mai ales în subsol. Mineralele primare formate în condiţii reducătoare, eliberează în urma alterării compuşi reducători cum ar fi Fe^{2+}. Compuşii oxidanţi, precum O_2 şi NO_3^-, pătrund în spaţiile rămase libere, unde vor fi reduşi. În condiţii de câmp, reducerea ionului NO_3^- durează săptămâni şi chiar luni de zile. Chemodenitrificarea este importantă pentru reducerea poluării nitrice a apelor de adâncime.

Pierderile de azot prin denitrificare pot varia între 5-25% din azotul total aplicat ca îngrăşământ.

5.2.1.2. Căile de îmbogăţire a solului cu azot

1. Fixarea biologică a azotului molecular

Fixarea biologică a azotului molecular se realizează prin intermediul microorganismelor . Microorganismele fixatoare de azot se clasifică în două mari grupe: *microorganisme nesimbiotice* şi *microorganisme simbiotice.*

a) *Microorganismele nesimbiotice*, sunt de două feluri:

- care trăiesc libere în sol. Acestea la rândul lor pot fi *aerobe*: genul *Azotobacter*, sau *anaerobe*: genul *Clostridium*, capacitatea lor fixatoare fiind modestă. Tot în această categorie intră şi *algele verzi-albastre*, organisme complet autotrofe, care conţin clorofilă şi pot fixa azotul molecular.

- care trăiesc în asociaţii în rizosferă. Din această categorie fac parte bacteriile din genul *Azospirillum* şi *Azotobacter*, care trăiesc atât liber în sol, dar şi în asociere cu rădăcinile de ierburi graminee, de mei , de sorg sau de porumb. În rizosfera plantelor trăiesc şi bacteriile din genul *Enterobacter*.

b). *Microorganismele simbiotice*, din această categorie fac parte genurile *Rhizobium,* care formează simbioze cu plantele leguminoase*,* şi *Actinomyces,* care trăiesc în simbioză cu specii neleguminoase (specii lemnoase, de pădure, de exemplu *Alnus*). Bacteriile simbiotice sunt aerobe.

Tabelul 5.5

Bacterii nesimbiotice fixatoare de azot molecular

Bacteria fixatoare de azot	Azotobacter vinelandii	Clostridium pasteurianum	Klebsiella pneumoniae	Rhodospirillum rubrum
Organisme asociate	Nici unul	Nici unul	Variate	Nici unul
Habitatul natural	Soluri aerobe	Soluri anaerobe	Soluir aerobe şi anaerobe, apă, în simbioză cu plantele şi omul	Suprafaţa unor lacuri poluate (bacterie fotosintetică)

Bacteriile pătrund în rădăcina plantei prin membrana celulară a perilor absorbanţi, pe care o dizolvă cu ajutorul unor sisteme enzimatice, formând un cordon infecţional ce ajunge până în parenchimul cortical. Celulele din zona infectată se divid, formând *nodozitatea* în interiorul căreia bacteriile se transformă într-un bacteroid. Acesta este de 40 ori mai mare decât bacteria iniţială, formarea lui fiind condiţionată de prezenţa unui complex enzimatic (dinitrogenaza şi dinitrogenreductaza).

În primele zile după infecţie, bacteriile se hrănesc pe seama plantei , neoferind nimic în schimb. Treptat ele încep să fixeze azotul atmosferic, punându-l la dispoziţia plantei, în proporţie de 70-80% din cel fixat.

Simbioza constă în faptul că plantele folosesc substanţele cu azot în forma redusă elaborate de către microorganisme, iar bacteriile utilizează glucidele solubile sintetizate de plante şi sărurile anorganice absorbite de acestea din sol.

Mecanismul fixării biochimice a azotului molecular pare a fi acelaşi la toate speciile de microorganisme. Treptele fixării azotului molecular sunt următoarele:

Treapta 1: $N_2 + 2e^- + 2H^+ + 4ATP \rightarrow \underset{\text{Diimidă}}{HN=NH} + 4ADP$

Treapta 2: $HN=NH + 2e^- + 2H^+ + 4\ ATP \rightarrow \underset{\text{Hidrazină}}{H_2N - NH_2} + 4ADP$

Treapta 3: $H_2N - NH_2 + 4e^- + 4H^+ + 8ATP \rightarrow 2NH_3 + H_2 + 8ADP$

Reacţia finală este:

$N_2 + 8e^- + 8H^+ + 16ATP \rightarrow 2NH_3 + H_2 + 16ADP$

Reacţia este catalizată de către un complex enzimatic alcătuită din două enzime:

- dinitrogenaza, care reduce azotul molecular la amoniac. Conţine un

cofactor Fe-Mo care acceptă electroni de la dinitrogenreductaza,

- dinitrogenreductaza, care transferă electroni la dinitrogenază. Conţine un atom de Fe implicat în procesul redox.

Dinitrogenaza este inhibată de prezenţa hidrogenului, iar dinitrogenreductaza de prezenţa oxigenului. Amoniacul rezultat în urma fixării, este transformat in aminoacizi şi proteine.

Tabelul 5.6

Bacterii simbiotice fixatoare de azot

Bacteria fixatoare de azot	Frankia alni	Bradyrhizobium japonicum	Rhizobium Trifolii	Rhizobium Meliloti
Organismul asociat		Soia	Trifoi	Lucernă
Habitatul natural	Nodozităţiile rădăcinilor	Nodozităţiile rădăcinilor de soia	Nodozităţiile rădăcinilor de trifoi	Nodozităţiile rădăcinilor de lucernă

În zona centrală a nodozităţii, unde are loc fixarea azotului molecular, se găseşte un pigment colorat în roşu, de natură hemoproteidică, denumit *leghemoglobina*. Leghemoglobina apare în stadiul activ al fixării N_2, ea nu poate fi sintetizată nici de bacterii şi nici de plantă trăind separat, este în strânsă relaţie cu fixarea N_2, a cărei intensitate este proporţională cu concentraţia acestui pigment în nodozităţi.

Factorii care influenţează fixarea simbiotică a azotului molecular.

a) *reacţia solului* . Ca urmare a excesului de H^+, a cantităţilor ridicate de Al^{3+} şi Mn^{2+}, precum şi datorită conţinutului redus de Ca^{2+}, reacţia acidă este un factor inhibitor al bacteriilor fixatoare de azot. PH-ul optim pentru diferitele specii de bacterii Rhizobium este cuprins între 6,5-7,8.

b) *umiditatea solului*.

c) *aprovizionarea solului cu elemente nutritive*. Întrucât Fe şi Mo sunt componente ale denitrogenazei şi dinitrogenreductazei, iar Co şi Fe sunt necesare pentru formarea leghemoglobinei, insuficienţa lor în mediul de nutriţie are efecte negative asupra fixării simbiotice a N_2. Prezenţa în exces a ionilor NH_4^+ în sol şi în rădăcina plantei, inhibă activitatea complexului enzimatic, prin efect de feedback, întrucât în urma fixării simbiotice N_2 este redus la amoniac. De asemenea excesul de NO_3^- în sol, inhibă activitatea celor două enzime, deoarece în rădăcina plantei ionul nitrat este redus la NH_4^+ având loc acelaşi efect de feedback. La speciile de plante, la care reducerea nitraţilor are loc mai ales în rădăcină, activitatea denitrogenazei din nodozităţi este mult mai mare decât cea a dinitrogenreductazei, având loc o acumulare de nitriţi în concentraţii toxice pentru bacterii.

d) *activitatea fotosintetică a plantelor leguminoase* . Planta furnizează bacteriilor fixatoare hidraţii de carbon necesari activităţilor lor vitale, iar o perturbare a procesului de fotosinteză înseamnă o reducere a activităţii bacteriilor.

2. Azotul din precipitaţii

Cantitatea de azot provenită din precipitaţii este foarte mică. În timpul descărcărilor electrice, ca urmare a temperaturilor ridicate, azotul molecular se poate combina cu oxigenul rezultând oxizi de azot, care cu apa din preci-

pitaţii vor forma acizi.

$N_2 + O_2 \rightarrow 2NO_2$
$2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + HNO_2$

Anual, la un regim pluviometric de 500-600 mm, va fi introdusă în sol o cantitate de 1-15 kg N/ha.

3. Azotul introdus prin îngrăşăminte

Este principala cale de completare a azotului necesar plantelor cultivate. Prin îngrășăminte minerale sau organice se introduc în sol cele mai mari cantități de elemente nutritive și este o cale controlată și sigură de aprovizionare a plantelor cu nutrienți.

5.2.1.3 Căile de pierdere a azotului din sol

Azotul din sol se poate pierde pe următoarele căi: prin levigarea nitraţilor, prin volatilizarea sau fixarea amoniului, prin îndepărtarea odată cu recoltele şi prin denitrificare.

Pierderile de azot prin levigare

Sunt caracteristice azotului nitric si in mai mica măsura azotului amoniacal. Factorii care generează levigarea nitraţilor în sol sunt:

- *natura chimică a ionului nitrat*. Ionul nitrat nu este fixat în sol , datorită faptului că sarcinile negative ale acestui ion sunt respinse de sarcinile negative ale complexului argilo-humic. Marea sa mobilitate in sol se datorează şi faptului că nu formează compuşi insolubili cu nici unul dintre constituenţii organici sau minerali ai solului.
- *prezenţa în exces a acestuia în sol.*
- *prezenţa în exces a apei.*

Procesul de levigare este intensificat de următorii factori: planta de cultură, epoca de administrare şi doza de îngrăşăminte, irigarea solului, cantitatea de precipitaţii şi tipul de sol. Cantitatea levigată este mai mare pe solul neacoperit cu vegetaţie şi scade în intensitate în perioadele de consum maxim al plantelor.

Ca şi măsuri de prevenire a levigării nitraţilor se pot menţiona: folosirea inhibitorilor de nitrificare, alegerea corectă a modului şi momentelor de aplicare a azotului, în special evitarea aplicării unor doze prea mari toamna în zonele cu precipitaţii abundente. Prin levigare, apele freatice pot fi poluate cu nitraţi, cu consecinţe nedorite.

Azotul amoniacal , întrucât este adsorbit de către complexul coloidal al solului, este ferit de pierderile prin levigare. Totuşi pe solurile cu capacitate de adsorbţie redusă, cum sunt solurile nisipoase, ca şi la solurile la care capacitatea de adsorbţie este determinată preponderent de materia organică, pot avea loc pierderi însemnate de $N\text{-}NH_4^+$ prin levigare.

Levigarea azotului nitric constituie una dintre cele mai importante căi de pierdere a azotului, care scade eficienţa utilizării lui de către plante.

Pierderile de azot prin volatilizare

Au loc atunci când îngrăşămintele cu azot amoniacal N-NH_4^+ se aplică la suprafaţa solurilor calcaroase, dar şi la aplicarea îngrăşămintelor organice fără încorporare imediată a acestora în sol.

$$(NH_4)_2SO_4 + CaCO_3 \rightarrow CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3$$
$$(NH_4)_2CO_3 \rightarrow 2NH_3\uparrow + H_2O + CO_2\uparrow$$

Pe solurile calcaroase , pierderile prin volatilizare sunt mai puţin afectate de formarea azotatului de calciu $Ca(NO_3)_2$ sau a clorurii de calciu $CaCl_2$, rezultate în urma aplicării azotatului, respectiv a clorurii de amoniu, deoarece aceste săruri spre deosebire de $CaSO_4$ sunt uşor solubile, rămânând în soluţie.

Pe solurile alcaline, unde predomină ionii hidroxil HO^- disociaţi, pot avea loc pierderi de N-NH_4^+ prin volatilizare, conform reacţiei:

$$NH_4^+ + HO^- \rightarrow NH_3\uparrow + H_2O$$

Pierderile de N-NH_4^+ scad prin încorporarea îngrăşămintelor în sol, unde ionul NH_4^+ poate fi reţinut prin adsorbţie de către complexul coloidal. Cu cât capacitatea de schimb cationic a solului este mai mare, cu atât pierderile sunt mai mici.

Pierderile de azot prin fixarea ionului NH_4^+

Mecanismul fixării N-NH_4^+ este legat de prezenţa în sol a mineralelor argiloase cu reţea cristalină expandabilă (muscovit, illit, vermiculit, montmorilonit), la care , ionii NH_4^+ având rază ionică mare, pătrund între cele două pachete când solul este umed, şi rămân aici, într-un fel de captivitate, când solul începe să se usuce. Solurile bogate în minerale argiloase conţin cantităţi ridicate de ioni amoniu în formă fixată.

Factorii care influenţează fixarea amoniului sunt:

- *temperatura*: cu cât temperatura este mai ridicată, cu atât fixarea amoniului este mai intensă;
- *umiditatea*: cu creşterea umidităţii scade cantitatea de amoniu fixată;
pH-ul: cu creşterea pH-ului creşte cantitatea de amoniu fixată.

Amoniul fixat poate deveni accesibil plantelor, când concentraţia formelor schimbabile şi solubile scade foarte mult, datorită consumului de către plante, microorganisme sau datorită procesului de nitrificare.

Prin fixarea ionului amoniu pot avea loc pierderi semnificative din azotul aplicat cu îngrăşămintele sau rezultat prin mineralizarea materiei organice pe solurile la care capacitatea de fixare nu este satisfăcută.

Pierderile de azot prin ridicarea cu recolta

Cantităţi importante de azot sunt ridicate din sol odată cu recolta. Această cantitate este cuantificată prin consumul specific de azot/kg recoltă.

Întrebări

1. Ce sunt îngrășămintele și de ce sunt importante pentru cultura plantelor?
2. Care sunt criteriile de clasificare a îngrășămintelor și ce tipuri de îngrășăminte există?
3. Care sunt principalele însușiri ale îngrășămintelor?
4. Care este conţinutul în substanţă activă la azotatul de amoniu şi ce serveşte cunoaşterea conţinutului în substanţă activă ?
5. Care sunt principalele căi de pierdere a azotului din sol?
6. De ce sunt importante plantele leguminoase în bilanțul azotului?
7. Pentru o cultură de tomate de vară-toamnă se recomandă o doză de 115 kg/ha N. În ce cantitate se vor folosi îngrăşămintele azotat de amoniu, ureea, nitrocalcatul ?

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 8

ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (II)

Cuvinte cheie: îngrășăminte minerale, substanță activă, azot, fosfor, îngrășăminte cu azot, îngrășăminte cu fosfor

Rezumat: Substanţele nutritive constituie, alături de apă, factorii de vegetaţie care se află cel mai frecvent în deficit faţă de necesarul plantelor, fapt pentru care prezenţa lor în cantităţi optime şi rapoarte echilibrate condiţionează cel mai mult producţia plantelor.

Îngrăşămintele sunt prezente într-o gamă mare de sortimente (îngrăşăminte cu azot, fosfor şi potasiu, macroelemente de ordin secundar, microelemente, îngrăşăminte complexe şi mixte, organice) iar cunoaşterea lor este necesară pentru a stabili, funcţie de condiţiile pedo-cliamtice şi culturale, ce îngrăşământ se va aplica, în ce doză şi perioadă, astfel încât plantele să transforme această investiţie într-un plus cantitativ şi calitativ de recoltă, în condiţii de eficienţă economică şi de menţinere a echilibrelor de mediu.

Sunt prezentate în continuare noţiuni generale despre îngrăşăminte, precum şi principalele sortimente de îngrăşăminte cu recomandări de utilizare

5.2.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu azot

Îngrăşămintele minerale cu azot sunt prezente într-un sortiment destul de bogat şi pot fi clasificate după mai multe criterii:

a) după *starea fizică*, deosebim îngrăşăminte solide şi lichide (soluţii cu azot);
b) după *forma chimică a azotului*, avem îngrăşăminte cu azot amoniacal, cu azot nitric, cu azot nitric şi amoniacal şi cu azot amidic;
c) după *solubilitate* avem îngrăşăminte cu azot uşor solubile (majoritatea îngrăşămintelor) şi îngrăşăminte cu azot greu solubile.

Din gama mare cu îngrăşăminte cu azot, în mod curent în fertilizarea plantelor se utilizează un număr mai restrâns, cele mai importante fiind prezentate în continuare.

Sulfatul de amoniu - $(NH_4)_2SO_4$

Se obţine, ca produs de bază, din acid sulfuric şi amoniac, cu degajare de energie.

Îngrăşământul se prezintă ca o sare cristalină de culoare albă (cel tehnic de culoare cenuşie, brună datorită impurităţilor).

Conţinutul în substanţă activă este de 21,21 %N

Are solubilitate ridicată în apă. Higroscopicitatea este redusă ceea ce constituie un avantaj sub aspectul depozitării, transportului şi aplicării.

Reacţia fiziologică este acidă şi prin urmare utilizarea înde-lungată a sulfatului de amoniu ca sursă de azot pentru plante condu-ce în timp la acidifierea solului. Pe solurile acide nu se recomandă utilizarea acestui îngrăşământ deoarece conduce la accentuarea acidităţii solului. Dacă nu se dispune de un alt îngrăşământ cu azot, obligatoriu se vor aplica şi amendamente calcaroase, care vor diminua efectul secundar al sulfatului de amoniu.

Pentru a se evita pierderile de azot ca urmare a nitrificării şi levigării se recomandă a se aplica toamna târziu ori primăvara devreme.

Se recomandă a la culturile de cartof, citrice, cereale păioase, păşuni şi fâneţe naturale ş.a.

Azotatul de amoniu - NH_4NO_3

Se obţine din neutralizarea acidului azotic cu amoniac gazos în coloane de sinteză, după care urmează concentrarea, uscarea, cristalizarea şi granularea.

$$HNO_3 + NH_3 \Leftrightarrow NH_4NO_3 + 35{,}6\text{kcal}$$

Îngrăşământul este o sare albă şi se prezintă sub formă cristalină sau granulată.

Conţinutul în substanţă activă este de 34,5% N, jumătate sub formă amoniacală (NH_4^+) şi jumătate sub formă nitrică (NO_3^-).

Are solubilitate foarte ridicată, dizolvându-se rapid în apă sau în mediu umed. De asemenea are higroscopicitate ridicată, având capacitatea de a absorbi umiditatea atmosferică în urma căreia se în-moaie iar ulterior, în condiţii de uscăsiune, se usucă şi se compactează. Aceasta duce pe de o parte la pierderi de azot şi reducerea conţinutului de substanţă activă, iar pe de altă parte la necesitatea de mărunţire a lui în vederea aplicării ceea ce determină cheltuieli suplimentare. Acest fenomen apare la îngrăşămintele depozitate în vrac sau în situaţia în care sacii cu îngrăşământ prezintă deteriorări.

În vederea diminuării acestui deficit, în procesul de fabricaţie se procedează la introducerea în masa de îngrăşământ a unor subs-tanţe precum gips, praf de dolomit, caolin, substanţe tensio-active ş.a. Pentru reducerea higroscopicităţii se mai procedează la gra-nularea îngrăşământului (granule cu dimensiuni diferite cuprinse în medie între 1-3 mm) în felul acesta fiind redusă şi solubilizarea lui.

Are reacţie fiziologică acidă. Prin urmare pe solurile acide conduce la acidifierea acestora ca urmare a nitrificării amoniului, a levigării pe profilul de sol şi a pierderilor de cationi bazici din sol odată cu recolta. Pentru a atenua acest efect secundar nefavorabil, se recomandă aplicarea unor cantităţi mici

de amendament (agrocal-car), 125 kg/ha $CaCO_3$ la 100 kg azotat de amoniu, Goian 1985.

Azotatul de amoniu introdus în sol se dizolvă repede, disociază electrolitic, ionul nitric rămâne în soluţia solului şi este parţial preluat de către plante, iar ionul amoniacal este reţinut la nivelul coloizilor solului, ia drumul nitrificării, sau într-o mai mică măsură este preluat de către plante în procesul de nutriţie.

Având în vedere solubilitatea ridicată a îngrăşămintelor cu azot precum şi mobilitatea mare a azotului în sol, pentru valorifi-carea optimă a îngrăşămintelor şi evitata pierderilor de azot se recomandă fragmentarea dozelor de îngrăşăminte în două sau mai multe fracţiuni şi aplicarea acestora eşalonat, la pregătirea terenului şi în fazele de vegetaţie ale culturii.

Azotatul de amoniu este un „*îngrăşământ universal”*, putând fi aplicat pe orice tip de sol (cu precauţiile anterioare pentru solurile acide) şi la orice culturi.

Nitrocalcarul

Nitrocalcarul sau notrocalcamoniul este un îngrăşământ ce se obţine prin amestecarea, în procesul de fabricaţie a azotatului, de amoniu cu carbonat de calciu fin măcinat (0,1-0,2 mm dimensiunea particulelor) în proporţie de 30-50%.

Îngrăşământul se prezintă sub formă de granule de 2-3 mm diametru, de culoare albă sau alb-gălbui.

Conţinutul de substanţă activă este de 28,5% N, din care jumătate sub formă nitrică şi jumătate sub formă amoniacală.

Nu este higroscopic iar reacţia fiziologică este bazică.

Se recomandă pe solurile acide la toate plantele cultivate, cu aplicare toamna sau primăvara, înainte de înfiinţarea culturilor. Pe solurile alcaline se recomandă doar ca fertilizant suplimentar, în vegetaţie.

Ureea – $CO(NH_2)_2$

Ureea se obţine din amoniac şi dioxid de carbon la presiune (100-200 atm) şi temperatură ridicată (130-190 °C), carbonatul de amoniu fiind un produs intermediar.

Ureea este o sare cristalină, de culoare albă, fără miros, cu gust amar. Îngrăşământul este cel mai frecvent granulat, cu dimensiunea granulelor între 1-2,5 mm diametru.

Conţinutul în substanţă activă este de 46,6%N fiind cel mai concentrat îngrăşământ solid cu azot.

Are higroscopicitate mai redusă comparativ cu azotatul de amoniu, iar aciditatea echivalentă este 80.

Prin încălzire la 160-170 °C pierde amoniac şi se formează biuretul care este fitotoxic. Îngrăşământul nu trebuie să conţină biuret în proporţie mai mare de 1,5-2%.

În urma introducerii în sol, ureea hidrolizează rapid, în două trei zile pe solurile mai umede, bogate în materie organică şi cu complexul coloidal bine reprezentat şi conduce la formarea de amoniac, bioxid de carbon, acid carbonic, carbonat şi bicarbonat de amoniu.

Produşii rezultaţi în urma hidrolizei pot urma mai departe calea nitrifi-

cării sau poate rezulta amoniac ce se pierde parţial în at-mosferă mai ales când temperatura este ridicată.

De asemenea în primele 2-3 zile de la aplicarea ureei, molecula de uree poate leviga cu uşurinţă din sol în condiţii de umiditate ridicată. Prin urmare se recomandă ca după fertilizarea cu uree primele udări, în cazul culturilor irigate, să se facă după 4-5 zile de la aplicare.

Ureea este un îngrăşământ universal. Se poate aplica pe toate tipurile de sol şi la toate culturile.

Pe solurile podzolice ureea este superioară azotatului de amoniu.

Când se aplică la suprafaţa solului există riscul pierderii azotului prin volatilizare sub formă de amoniac, pierderi ce pot ajunge la 20-25%. Nu se recomandă aplicarea localizată, la cuib sau pe rând concomitent cu semănatul, deoarece amoniacul ce rezultă în urma hidrolizei, poate conduce la vătămarea seminţelor germinate. Pentru a se evita riscurile potenţiale, se recomandă aplicarea ureei cu 8-10 zile înainte de înfiinţarea culturii.

Ureea mai prezintă avantajul că se poate aplica şi extrara-dicular ca urmare a proprietăţilor sale de neelectrolit (nu disociază electrolitic). Concentraţia soluţiei de aplicare variază de la 0,3-0,4% până la 2-3% în raport cu specia, concentraţia de 0,4% fiind tolerată de majoritatea speciilor horticole. La cerealele păioase de toamnă (grâu, orz) se poate aplica ureea şi în concentraţii mai mari de până la 10-15%, aplicarea efectuându-se de obicei concomitent cu lucrarea de erbicidare în primăvară. Avantajul rezultă şi din faptul că ureea poate fi introdusă în soluţiile pentru tratamentele fitosanitare, în felul acesta reducându-se cheltuielile cu aplicarea.

Este preferată de o serie de plante horticole printre care citri-cele, piersicul, ridichea ş.a., plante care folosesc direct azotul amidic.

5.3. Îngrăşăminte minerale cu fosfor

5.3.1. Fosforul în plantă şi sol

Fosforul, prezent în toate organelor plantelor, intră în alcătuirea unor compuşi cu rol plastic în formarea ţesuturilor, a organelor de reproducere, a unor enzime ş.a. Anumiţi esteri ai acidului fosforic au capacitatea de a înmagazina energie în forme stabile şi a o elibera, prin control enzimatic, în procese ce se desfăşoară cu aport energetic.

O nutriţie normală cu fosfor conduce la creşterea şi dezvoltarea echilibrată a plantelor, la mărirea rezistenţei plantelor la condiţii nefavorabile (secetă, ger), la fructificare mai bună precum şi la contrabalansarea excesului de azot.

Carenţa de fosfor determină o serie de dereglări fiziologice şi o încetinire a ritmului de creştere a plantelor. În condiţii de nutriţie insuficientă cu fosfor, în plantă ca urmare a mobilităţii ridicate fosforul trece de la organele mature la cele tinere. Frunzele rămân mici şi se pigmentează roşu sau roşu-violaceu sub formă de pete sau striaţiuni de-a lungul limbului.

Carenţa avansată de fosfor determină crăparea căpăţânilor de varză, plesnirea fructelor la tomate, fragilitatea frunzelor la salată, reducerea formării mugurilor de rod la pomii şi arbuştii fructiferi, fructificare slabă ş.a.

Excesul de fosfor determină acumularea acestuia sub formă minerală

în organele vegetative. Plantele se maturează prematur, ceea ce conduce la recolte slabe. De asemenea este perturbată nutriţia altor elemente precum a zincului, cuprului şi fierului.

Prezenţa în natură În Oceanul Planetar se află principalele rezerve de fosfor sub formă de zăcăminte naturale de fosfaţi. Se apreciază că în hidrosferă se află solubilizate cca. 250 milioane t P_2O_5 şi că anual apa râurilor şi a fluviilor transportă o cantitate de 34 milioane tone P_2O_5 din care au loc depuneri sub formă de fosfaţi terţiari şi fluoroapatite, Davidescu şi Davidescu 1992.

În sol fosforul provine din roca mamă pe care s-a format şi a evoluat solul. În orizontul arabil al solului fosforul se află sub formă de minerale primare, secundare, terţiare, oxizi, acizi, săruri şi compuşi organici.

Deşi rezervele în fosfor ale solului sunt imense, iar nevoile anuale ale plantelor nu prea ridicate (20-50 kg P_2O_5/ha), de multe ori se remarcă insuficienţa acestui element în nutriţie. Din totalul fosforului din sol, cca 1% este valorificat de către plante în cursul perioadei de vegetaţie (Lixandru, 1990).

Compuşii fosforului din sol sunt de natură organică, 30-50% din fosforul total, şi de natură minerală, 50-70% din P_{total}.

Sub formă de *compuşi organici*, fosforul se află în cea mai mare parte în humus, în materia organică nedescompusă sau pe cale de descompunere, şi în diverşi produşi rezultaţi în urma activităţii microorganismelor din sol. Conţinutul de fosfor din humus variază cu tipul de sol, fiind de aproximativ 0,17-1,09 % P. Fosforul legat de materia organică este o rezervă momentan indisponibilă, dar progresiv eliberabilă. El poate servi nutriţiei plantelor pe măsura mineralizării materiei organice. Fosforul legat de humus, prin mecanisme de adsorbţie, este uşor mobilizabil, participând la aprovizionarea solului, prin procese de schimb de anioni.

$P_{anorganic}$ se găseşte precipitat sub formă de fosfat simplu de Ca, Fe şi Al, fosfaţi complecşi, ioni liberi în soluţia solului sau în stare adsorbită.

Fosfaţii complecşi de calciu – apatitele (hidroxilapatita, flourapatita, clorapatita), fosfatul tricalcic , fosfaţii de fier şi aluminiu cu un grad înaintat de cristalizare, sunt formele insolubile sau greu solubile ale fosforului, inaccesibile sau greu accesibile plantelor, reprezentând aşa numitul *P nelabil* .

Ionii fosfat adsorbiţi la suprafaţa mineralelor argiloase sau a hidroxizilor de fier şi aluminiu, care pot fi trecuţi din nou în soluţie reprezintă *P mobil* sau *P labil* . El constituie principala rezervă din care se înlocuieşte P din soluţia solului consumat de către plante. În practica agrochimică, această fracţiune a fosforului se determină prin extragere cu o soluţie de acetat lactat de amoniu (metoda AL), fiind notat cu P_{AL}.

P solubil este reprezentat de ionii ortofosfat primar $H_2PO_4^-$ şi ortofosfat secundar HPO_4^{2}, cele două forme putând fi adsorbite direct de către plante. Concentraţia celor două specii de ioni depinde de pH-ul solului. La valori ale pH-ului< 7 predomină ionul $H_2PO_4^-$, iar la pH>7 predomină ionul HPO_4^{2-}. Concentraţia totală a celor doi ioni în soluţia solului scade însă semnificativ cu creşterea pH-ului la valori peste 7,5 şi cu scăderea sub 5,5, fiind maximă între 6,3-6,5. Se cunosc puţine despre compuşii organici ai fosforului dizolvaţi în soluţia solului, dar se consideră că aceşti compuşi prin hidroliză microbiană sunt transformaţi rapid în ioni ortofosfat (Stevenson , 1986). Concentraţia fosforului în soluţia solului variază între 0,01mg P/L în solurile nefertile, la 1 mgP/L în solurile cu fertilitate medie, ajungând la 7-8 mgP/L în solu-

rile recent fertilizate cu îngrăşăminte minerale sau organice.

Cantitatea de P din soluţia solului reprezintă mai puţin de 1% din P total din sol, ceea ce înseamnă < 1kgP/ha (Pierzynski, 1991). Ca urmare, pentru a satisface nevoile plantelor în acest element, este necesară aprovizionarea continuă a soluţiei solului cu P provenit din forma labilă, nelabilă şi organică.

Reţinerea şi fixarea fosfaţilor în sol

Toate solurile au capacitate de a reţine fosforul, excepţie făcând cele nisipoase. Solurile acide şi cele cu capacitate mare de adsorbţie vor fixa mai puternic ionii fosfat.

Solurile alcaline conţin $CaCO_3$ liber, care exercită o acţiune dominantă asupra reţinerii ionilor fosfat, reţinerea fiind favorizată şi de creşterea pH-ului. La valori mari ale pH-ului, activitatea ionilor Ca^{2+} este ridicată, ceea ce favorizează reţinerea ionilor fosfat, prin transformarea fosfatului dicalcic $CaHPO_4$ în fosfat tricalcic $Ca_3(PO_4)_2$.

Reţinerea fosfaţilor în solurile calcaroase este influenţată de trei factori: activitatea ionilor Ca^{2+}, prezenţa şi mărimea particulelor de $CaCO_3$ liber, şi cantitatea de argilă. Cu cât cantitatea ionilor Ca^{2+} este mai mare, cu atât creşte mai mult probabilitatea fixării ionilor ortofosfat.

Reacţiile de schimb care duc spre insolubilizarea fosfaţilor uşor solubili , în solurile alcaline, sunt :

$$\begin{bmatrix} complex \\ coloidal \end{bmatrix} \begin{matrix} -Ca \\ -Ca \end{matrix} + Ca(H_2PO_4)_2 \leftrightarrow \begin{bmatrix} complex \\ coloidal \end{bmatrix} \begin{matrix} -H \\ -H \\ -Ca \end{matrix} + 2CaHPO_4$$

fosfat primar de calciu — fosfat secundar de calciu

$$\begin{bmatrix} complex \\ coloidal \end{bmatrix} \begin{matrix} -Ca \\ -Ca \end{matrix} + 2\ CaHPO_4 \rightarrow \begin{bmatrix} complex \\ coloidal \end{bmatrix} \begin{matrix} -H \\ -H \\ -Ca \end{matrix} + Ca_3(PO_4)_2\downarrow$$

fosfat tricalcic

În cazul prezenţei $CaCO_3$ liber, insolubilizarea fosfaţilor are loc conform reacţiilor:

$$Ca(H_2PO_4)_2 + CaCO_3 + H_2O \leftrightarrow 2CaHPO_4 .2H_2O + CO_2 + H_2O$$

$$4CaHPO_4 \rightarrow Ca_4H(PO_4)_3 + H_3PO_4$$

$$5\ Ca_4H(PO_4)_3 \rightarrow 2Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 \downarrow + 3H_3PO_4$$

hidroxilapatita

În *solurile acide,* fosforul este reţinut prin adsorbţie în forme greu

schimbabile prin intermediul hidroxizilor de fier şi aluminiu. Se formează fosfaţi bazici de Fe şi Al, din care anionii $H_2PO_4^-$ se mobilizează cu atât mai greu, cu cât solul este mai acid.

$$Fe(OH)_3 + H_2PO_4^- \rightarrow Fe(OH)_2H_2PO_4 + HO^-$$

$$Al(OH)_3 + H_2PO_4^- \rightarrow Al(OH)_2H_2PO_4 + HO^-$$

Pe această cale se reţine mare parte din fosforul adăugat ca îngrăşăminte pe solurile cu reacţie acidă. Dacă reacţia solului se corectează prin amendare şi pH-ul devine aproape neutru, ionii fosforici reţinuţi puternic de $Fe(OH)_3$ şi $Al(OH)_3$ sunt puşi mai uşor în libertate.

Factorii care influenţează reţinerea fosforului în soluri sunt următorii:

pH-ul solului : influenţează trecerea fosforului în forme accesibile plantelor. În solurile acide, compuşii formaţi în urma reacţiei dintre îngrăşămintele fosforice aplicate cu $Al(OH)_3$ şi $Fe(OH)_3$ fie precipită, fie sunt adsorbiţi de particulele de argilă, devenind astfel inaccesibili plantelor. Accesibilitatea maximă a plantelor pentru fosfor este la pH= 5,5-7,0.

textura şi structura solului: solurile bogate în argilă reţin cantităţi ridicate de fosfor, în funcţie de tipul de argilă (montmorillonitul fixează mai mult fosfor). Structura solului influenţează indirect accesibilitatea fosforului prin efectul aerării, întrucât crescând compactarea este împiedicată pătrunderea rădăcinilor, plantele ne mai putându-se aproviziona corespunzător cu fosfor.

materia organică a solului şi conţinutul acestuia în fier, aluminiu, calciu şi magneziu : Prezenţa materiei organice creşte disponibilitatea fosforului pentru plante, anumiţi ioni organici putând elibera ionii fosfat fixaţi pe particulele de sol. Solurile bogate în minerale cu aluminiu şi fier, sărace în calciu şi magneziu sunt sărace în fosfor şi-l fixează puternic. Puterea de fixare a fosforului scade când calciul şi magneziul sunt în cantitate normală în compoziţia solului.

umiditatea: favorizează absorbţia ionilor fosfat în plantă şi procesul de difuziune. Uscarea excesivă scade solubilitatea fosfaţilor. Creşterea umidităţii sporeşte cantitatea de fosfaţi solubilizaţi.

temperatura solului: pe măsura creşterii temperaturii, între anumite limite favorabile creşterii plantelor, creşte solubilitatea fosfaţilor din sol, fiind îmbunătăţită nutriţia minerală cu fosfor.

Solurile din ţara noastră conţin în medie, pe adâncimea 0-20 cm, 0,03-0,24% P_2O_5, din care 1-5% este potenţial asimilabil.

Caracterizarea stării de aprovizionare cu fosfor a solurilor pentru culturile de legume, plante ornamentale şi plantaţii de pomi şi viţă de vie este redată în tabelul 5.7., 5.8

Tabelul 5.7

Caracterizarea stării de aprovizionare cu fosfor a solului
(Davidescu şi Davidescu 1992)

Starea de Aprovizionare	Culturi intensive de legume, pomi fructiferi şi viţă de vie (P)		
	total (%)	potenţial asimilabil	extras în apă (1:5), ppm
Scăzută	< 0,150	< 35	< 10
Mijlocie	0,150-0,200	36-70	11-20
Normală	0,201-0,250	71-110	21-30
Ridicată	0,250-0,300	111-145	31-40
Foarte ridicată	> 0,301	> 146	> 41

Tabelul 5.8

Interpretarea conţinutului de fosfor mobil din sol,
determinat prin metoda AL (Borlan , 1983)

Culturi de câmp, plantaţii clasice de pomi fructiferi şi viţă de vie, pajişti din zona de câmpie şi colinară		Legume în câmp, plantaţii intensive de pomi fructiferi şi viţă de vie, pepiniere pomicole şi viticole, pajişti montane	
P ppm	Starea de aprovizi-onare	P ppm	Starea de aprovizi-onare
≤ 8	Foarte slabă	≤ 36	Foarte slabă
8,1-18	Slabă	36,1-72	Slabă
18,1-36	Mijlocie	72,1-108	Mijlocie
36,1-72	Bună	108,1-144	Bună
> 72	Foarte bună	> 144	Foarte bună

În plante conţinutul de fosfor variază în raport cu specia, vârsta, organul vegetativ, având valori medii cuprinse între 0,2% P_2O_5 în frunze şi 0,8% P_2O_5 în seminţe.

Formele şi sursele de fosfor accesibile plantelor Fosforul ac-cesibil plantelor provine din compuşii organici şi anorganici din sol.

Principalii ioni nutritivi sunt $H_2PO_4^-$ şi HPO_4^{2-} care provin din sărurile primare şi secundare ale acidului ortofosforic, iar accesibilitatea lor pentru plante depinde de *p*H-ul solului. Aceşti ioni nutritivi sunt prezenţi ca ioni liberi în soluţia solului, adsorbiţi la nivelul unor constituenţi organo-minerali precum şi în combinaţii moleculare stabile.

Prin utilizarea îngrăşămintelor cu fosfor şi practicarea unor măsuri agrotehnice adecvate se urmăreşte mărirea concentraţiei ionilor fosfatici din soluţia solului şi creşterea coeficientului de utilizare a fosforului din sol.

5.3.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu fosfor

În cadrul sortimentului de îngrăşăminte cu fosfor intră săruri neutre, acide sau bazice ale acizilor fosforici, metafosforici şi polifosforici.

Îngrăşămintele cu fosfor, din punct de vedere agrochimic, se clasifică astfel:

- *îngrăşăminte cu fosfor solubile în acizi tari*, greu solubile în

apă, greu asimilabile plantelor (fosfaţi naturali măcinaţi);

- *îngrăşăminte cu fosfor solubile în solvenţi convenţionali*, cu solubilitate redusă în apă şi accesibilitate moderată pentru plante (precipitatul, termofosfaţii, Zgura lui Thomas, fosfaţii activaţi, polifosfaţii);
- *îngrăşăminte cu fosfor solubile în apă*, uşor accesibile pentru plante (superfosfatul simplu şi superfosfatul concentrat).

Fosfaţii naturali (făina de fosforite)

$Ca_3(PO_4)_2 + 2Ca_3(PO_4)_3F$ + argilă + nisip

Îngrăşământul se obţine din zăcăminte naturale (roci fosfatice sedimentare) care au conţinut de fosfor mai mic de 20% (8-24% P_2O_5) prin măcinare.

Sub aspect fizic se prezintă ca o pulbere de culoare cenuşie sau roşietică (90% din particule trebuie să aibă dimensiune sub 0,06 mm). Este slab solubilă în apă, are higroscopicitate redusă şi reacţie alcalină. Se poate păstra în vrac.

Fosforul se află sub formă de fosfat terţiar de calciu $Ca_3(PO_4)_2$, hidroxil ori carbonat-apatită. Prin urmare are eficienţă pe solurile acide bogate în materie organică.

Activarea fosforului în vederea creşterii accesibilităţii pentru plante se face în timp, sub acţiunea acidităţii potenţiale a solurilor acide.

Se utilizează ca fertilizant de bază pe solurile acide, având eficienţă 4-5 ani.

Făina de oase $Ca_3(PO_4)_2$

Se obţine din oase uscate prin măcinare, după ce în prealabil s-au extras grăsimsile şi cleiul. Produsul rezultat conţine 15-34% P_2O_5 azot (0,5-2,5%) şi grăsimi.

Îngrăşământul se prezintă ca o pulbere alb murdară, aspră la pipăit, în care se mai disting bucăţi mici de oase. Are solubilitate redusă, nu este higroscopică.

Reacţia fiziologică este bazică ceea ce recomandă făina de oase pe solurile acide ca îngrăşământ de bază.

Precipitatul $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$

Se obţine prin tratarea rocilor fosfatice cu acid clorhidric sau acid azotic (în cel de-al doilea caz rezultând şi azotat de calciu).

Îngrăşământul se prezintă ca o pulbere cristalină, foarte fină, albă, friabilă, cu un conţinut de 27-40% P_2O_5.

Este greu solubil în apă şi nu este higroscopic. Reacţia fiziologică este neutră.

Se recomandă a fi utilizat ca îngrăşământ de bază, având eficienţă mai ridicată pe solurile acide.

Cel mai frecvent se utilizează în hrana animalelor şi pentru obţinerea îngrăşămintelor complexe.

Zgura lui Thomas (zgura de defosforare)

$Ca_4P_2O_9 + P_2O_5 \cdot Si_2O \cdot 5CaO$

Zgura de furnal este un produs secundar de la industria siderurgică, în care fosforul este fixat sub formă de fosfaţi bazici. Prin măcinarea zgurii rezultă o pulbere fină, cenuşie-negricioasă.

Materialul obţinut are higroscopicitate redusă, solubilitate mică în apă şi reacţie fiziologică bazică.

Fosforul se află sub formă de fosfat tetracalcic, iar conţinutul în substanţă activă este variabil (12-24% P_2O_5). Conţine de asemenea şi microelemente. Zgura de furnal obţinută în ţara noastră are un conţinut mic de fosfor şi este utilizată doar ca amendament pe solurile acide.

Efectul zgurii de furnal este de durată, şi se manifestă mai evident începând cu anul doi-trei de la aplicare.

Fosfaţii (fosforite) neutri sau activaţi

$Ca_3(PO_4)_2 + CaHPO_4 \cdot 2H_2O + Ca(H_2PO_4)_2 + Ca_5(PO_4)_2 \cdot F$

Fosfaţii sau fosforitele se obţin din fosfaţi naturali prin măcinarea acestora (fosfaţii neutri) şi prin tratarea ulterioară cu cantităţi reduse de acid sulfuric cel mai frecvent şi mai rar cu acid fosforic, caz în care şi conţinutul de substanţă activă este mai mare (fosfaţii activaţi).

Materialul obţinut se prezintă sub formă de pulbere cenuşie, cu un conţinut de 15-24% P_2O_5, (36-37% P_2O_5 când se utilizează acidul fosforic) din care cca. 40% solubil în apă. Îngrăşământul conţine fosfat primar şi secundar de calciu precum şi rocă fosfatică primară, neatacată.

Higroscopicitatea este redusă şi reacţie fiziologică bazică, fosfaţii fiind recomandaţi pe solurile acide, cu $p\text{H} < 6$.

Având în vedere formele în care este prezent fosforul, calitatea acestor îngrăşăminte se stabileşte funcţie de raportul dintre fosforul total şi fosforul solubil în citrat de amoniu, calitatea fiind cu atât mai bună cu cât valoarea raportului este mai aproape de 1.

Fosforitele neactivate sau activate pot înlocui superfosfatul ca sursă de fosfor pentru plante, dar eficienţa lor este evidentă doar pe solurile acide, iar aplicarea lor se face în raport indicatorii de calita-te a fosforitelor şi cu valoarea indicelui IOFS (indicele de oportunitate a fosforitării solurilor).

$$IOFS = \frac{A_H \cdot H^2 \cdot 100}{V \cdot 10^{0.024} \cdot P_{AL}}$$

unde:

A_H – aciditatea hidrolitică;
H – conţinutul de humus;
V – gradul de saturaţie în baze;
P_{AL} – conţinutul de fosfor.

Astfel fosforitele neactivate cu indicele de calitate a fosforitelor mai mare de 1,8 şi conţinutul de fosfor solubil în acid formic mai mare de 15% pot fi utilizate pe soluri cu valoarea IOFS mai mare de 8 iar fosforitele activate cu valoarea raportului dintre conţinutul de fosfor total din fosforită şi conţinutul de fosfor solubil în acid citric 2% mai mic de 1,5% pot fi utilizate pe soluri cu valoarea IOFS mai mare de 4.

Fosforitele se utilizează ca fertilizant de bază şi se încor-porează prin arătură pentru o bună omogenizare cu masa solului. Înlocuirea superfosfatului cu fosforite se va face doar în proporţie de 2/3 din doza totală, restul fiind asigurată prin îngrăşăminte cu fosfor uşor solubil, Borlan şi colab. 1982 citat de Goian 1985.

Superfosfatul simplu $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$

Superfosfatul simplu se obţine prin tratarea fosfaţilor naturali cu acid sulfuric. Îngrăşământul se prezintă sub formă pulverulentă sau granulată, are culoare alb murdar sau cenuşie. Are higroscopicitate redusă iar reacţia fiziologică este neutră în condiţii de câmp. Conţinutul în substanţă activă este de 16-24%P_2O_5.

Alături de fosfor mai conţine şi gips (40-50%), precum şi mici cantităţi de sulfaţi de Cu, Mg, Mn şi Zn.

Se poate utiliza ca îngrăşământ pe toate tipurile de sol, recomandat a se aplica înainte de semănat pentru încorporare în sol cu arătura.

Superfosfatul concentrat $Ca(H_2PO_4)_2$

Superfosfatul concentrat se obţine prin tratarea rocilor fosfatice cu acid fosforic şi eliminarea gipsului din masa finală a produsului obţinut.

Se prezintă ca o pulbere alb gălbuie sau cel mai adesea sub formă granulată (1-3 mm diametru) şi are higroscopicitate redusă. Conţinutul în substanţă activă este mai mare de 25%, fiind cuprins între 38-54% P_2O_5, fosforul fiind prezent sub formă de fosfat primar de calciu.

Este un îngrăşământ universal, putând fi aplicat pe toate tipurile de sol, de preferat însă a fi încorporat cu arătura pentru omogenizare cu masa solului.

În ultimii ani în ţara noastră s-au găsit tot mai puţin îngrăşă-minte simple cu fosfor de tipul superfosfatului simplu sau concen-trat, acestea fiind utilizate la obţinerea îngrăşămintelor complexe.

ÎNTREBĂRI

8. Care este conţinutul în substanţă activă la următoarele îngrășăminte: azotat de amoniu, superfosfat concentrat, sulfat de potasiu?
9. De ce este importantă cunoașterea conţinutului în substanţă activă a îngrășămintelor?
10. Cum se modifică disponibilitatea fosforului din îngrășăminte funcție de reacția solului?
11. Pentru o cultură de tomate de vară-toamnă se recomandă o doză de 115 kg/ha N, 95 kg P_2O_5. În ce cantitate se vor folosi îngrăşămintele azotat de amoniu, superfosfat simplu pentru a asigura necesarul plantelor ?
12. Care dintre îngrășămintele granulate cu azot poate fi aplicat pe cale extraradiculară și ce concentrație se recomandă pentru plantele horticole?

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 9

ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (III)

Cuvinte cheie: îngrășăminte minerale, substanță activă, îngrășăminte cu potasiu

Rezumat: Substanţele nutritive constituie, alături de apă, factorii de vegetaţie care se află cel mai frecvent în deficit faţă de necesarul plantelor, fapt pentru care prezenţa lor în cantităţi optime şi rapoarte echilibrate condiţionează cel mai mult producţia plantelor.

Îngrăşămintele sunt prezente într-o gamă mare de sortimente (îngrăşăminte cu azot, fosfor şi potasiu, macroelemente de ordin se-cundar, microelemente, îngrăşăminte complexe şi mixte, organice) iar cunoaşterea lor este necesară pentru a stabili, funcţie de condiţiile pedo-cliamtice şi culturale, ce îngrăşământ se va aplica, în ce doză şi perioadă, astfel încât plantele să transforme această investiţie într-un plus cantitativ şi calitativ de recoltă, în condiţii de eficienţă economică şi de menţinere a echilibrelor de mediu.

Sunt prezentate în continuare noţiuni generale despre îngrăşăminte, precum şi principalele sortimente de îngrăşăminte cu recomandări de utilizare

5.4. Îngrăşăminte minerale cu potasiu

5.4.1. Potasiul în plantă şi sol

Potasiul este prezent în toate organele plantelor, în afară de clorofilă; în celula vegetală se află sub formă de ion K^+.

Are rol multiplu, în menţinerea echilibrului acido-bazic în celulă, în translocarea produselor de fotosinteză, în sinteza proteinelor. De asemenea este activator a unui număr mare de enzime cu rol în procese de transfer, depunere şi schimb de energie.

O nutriţie normală cu potasiu determină creşterea rezistenţei plantelor la condiţiile nefavorabile (secetă, ger, atacul unor boli şi dăunători), fiind considerat un element al calităţii.

Carenţa în potasiu determină o dereglare a activităţii enzimatice, cu repercusiuni asupra metabolismului energetic, a sintezei proteinelor, transferului şi depunerilor produşilor de fotosinteză ş.a.

Dereglarea metabolismului plantelor ca urmare a carenţei în potasiu, se manifestă prin colorarea în verde închis a frunzelor şi apariţia unor pete albicioase, care ulterior devin brune iar marginile frunzelor se decolorează şi

ulterior se necrozează şi se brunifică.

Carenţa în potasiu determină reducerea rezistenţei plantelor la boli (făinare, fuzarioză, rugină, mană ş.a.).

Prezenţa în natură Potasiul este prezent în litosferă, în hidrosferă precum şi în materia organică vegetală sau animală. Apa Oceanului Planetar conţine o rezervă inepuizabilă de potasiu, apreciindu-se că anual apa râurilor şi fluviilor transportă o cantitate de cca. 40 milioane tone K.

În scoarţa terestră potasiul provine din alterarea şi dezagregarea rocilor eruptive, care au format rocile secundare (argilele).

În solul arabil potasiul este conţinut în medie în proporţie de 1,5-2,5% K_2O (1,2-2% K) ceea ce însemnă 37-60 t/ha, o caracterizare a solurilor după conţinutul de potasiu fiind redată în tabelul 5.4. Din totalul de potasiu conţinut în stratul arabil al solului doar 1-2% trece în forme asimilabile plantelor.

Formele de potasiu din sol

Potasiul nativ se găseşte ca element de constituţie în reţeaua mineralelor primare şi secundare şi reprezintă cea mai mare parte din K din sol. Cea mai mare cantitate de potasiu este concentrată în aluminosilicaţi, dintre care un prim loc îl ocupă feldspatul (ortoclaz) $K_2Al_2Si_6O_{16}$ conţinând 7-9% K; apoi mica neagră (biotit) $K(Mg,Fe)_3((OH,Fe)_2(AlSi_3O_{10}))$ cu un conţinut de 4,5-7% K; mica alba (muscovit) cu un conţinut de 6-9% K şi illitul cu 7% K.

Mineralele primare constituie o sursă neînsemnată de aprovizionare imediată cu potasiu. Eliberarea şi fixarea potasiului este influenţată de structura cristalină şi morfologică a mineralelor. Cel mai puternic se alterează mica neagră, K eliberat trecând în soluţie sau în forme schimbabile. Feldspaţii şi mica albă se descompun mai greu. În ordinea rezistenţei la alterare mineralele primare se situează în următoarea succesiune:

Muscovit < ortoclaz < microclin < biotit (după D.Davidescu, V.Davidescu, 1979).

În urma proceselor de alterare a mineralelor primare, o parte din potasiu este reţinut în reţeaua cristalină a silicaţilor secundari (minerale argiloase), o parte este reţinut adsorbit în complexul argilo-humic, iar o parte este îndepărtat prin levigare. Capacitatea de reţinere şi fixare a potasiului depinde de natura mineralogică a argilei şi raportul cantitativ în care se află.

Cu cât procesul de alterare a mineralelor primare este mai avansat iau naştere minerale secundare cu un conţinut mai scăzut de potasiu în reţeaua cristalină (caolinit, haloisit), dar cu o capacitate mai mare de schimb cationic

Potasiul fixat este forma de potasiu ce se gaseşte reţinut în spaţiile dintre doua pachete de aluminosilicaţi ce alcătuiesc reţeaua cristalină a mineralelor argiloase, în porii zeoliţiilor şi a permutiţilor. Fixarea are loc prin umectări şi uscări alternative ale solului, când pachetele de aluminosilicaţi ce alcătuiesc particulele de argilă se depărtează sau se apropie, iar ionii de potasiu pătrund în aceste spaţii odată cu moleculele de apă, satisfăcând valenţele negative libere ce rezultă în urma substituţiilor izomorfe. O fixare mai puternică a potasiului devine posibilă dacă substituirea izomorfă are loc la foiţa de octaedre de aluminiu, unde ionul Al^{3+} este înlocuit cu ioni divalenţi de Mg^{2+} (Lixandru, 1990).

Această formă de potasiu reprezintă o importantă rezervă potenţială de aprovizionare a plantelor cu acest ion, precum şi o formă de tranziţie între potasiul schimbabil şi potasiul din reţeaua cristalină.

Fixarea şi eliberarea potasiului din soluri se face printr-un proces dinamic şi reversibil, controlat de tipul şi dimensiunea particulelor minerale şi secundare prezente în soluri. Procesul este de asemenea afectat de structura solului, pH-ul solului, temperatură, uscare şi umectare, îngheţ şi dezgheţ (Goulding,1988).

Potasiul schimbabil este potasiul reţinut sub formă ionică de sarcinile negative ale complexului adsorbant şi care poate fi uşor deplasat (prin schimb) cu soluţii saline slabe. Prin urmare este vorba de ionii de potasiu ce se găsesc adsorbiţi de coloizii solului, cantitativ reprezentând mai puţin de 1% din potasiul total al solurilor minerale.

Importanţa potasiului schimbabil pentru plante se datorează faptului că poate trece cu uşurinţă în soluţie prin schimb cu alţi cationi. Acest potasiu poate fi adsorbit de perişorii radiculari prin schimb cu ionii de hidrogen care există permanent în stare adsorbită la suprafaţa rădăcinii (Caramete şi Popescu, 1970).

Accesibilitatea K schimbabil pentru plante depinde de însuşirile fizico-chimice şi fizice ale solurilor, de capacitatea de adsorbţie, de saturarea cu potasiu, de compoziţia şi cantitatea ionilor însoţitori. Potasiul schimbabil este cu atât mai mobil cu cât este mai mică capacitatea de adsorbţie a solului şi cu cât este mai mare conţinutul său în potasiu. Saturarea solului cu Calciu micşorează mobilitatea potasiului.

Potasiul solubil este forma cea mai accesibilă pentru plante. Potasiul solubil este acel potasiu ce se găseşte în sărurile solubile din soluţia solului şi cel care se găseşte în soluţie sub formă ionizabilă în echilibru cu ionii adsorbiţi de complexul coloidal. Apariţia potasiului solubil în apă este consecinţa unei serii de procese:

- hidroliza mineralelor potasice;
- degradarea mineralelor de către rădăcinile plantelor,
- acţiunea asupra acestor minerale a acidului azotic acumulat de bacteriile de nitrificaţie şi a altor produşi ai activităţii vitale a microorganismelor;
- înlocuirea potasiului schimbabil de către sărurile care ajung în sol cu îngrăşămintele şi de către produşii de secreţie ai rădăcinilor.

Concentraţia ionilor de potasiu în soluţia solului, după Mengel (1968) este de 0,1-3 ml/l, după Fried şi Shapiro (1961) de 0,20-10x10^3 moli/l, fiind în medie de 0,7 moli/l pe solurile acide şi 1 mol/l pe solurile bazice, iar după Pontailler (1970) între 0 şi 5 mg/l. După Wiklander (1958) conţinutul de potasiu solubil este 0,2-11 me/l soluţie. În general reprezintă 1-10% din potasiul schimbabil.

La acelaşi conţinut de potasiu schimbabil, concentraţia potasiului în soluţia solurilor uşor nisipoase este considerabil mai mare decât în solurile grele (luto-argiloase şi argiloase). Prin urmare, solurile cu textură fină trebuie să aibă conţinuturi ridicate în potasiu spre a putea asigura o concentraţie suficient de ridicată a potasiului din soluţia solului.

Potasiul legat organic este potasiul ce se găseşte sub formă de ioni în sucul celular al resturilor organismelor superioare şi ca ion reţinut sub forme schimbabile de acidoizi organici, în complecşi organominerali. De asemenea ca potasiu legat organic poate fi considerat şi cel din corpul microor-

ganismelor din sol.

Prin acţiunea microorganismelor din sol potasiul trece din formele organice în stare minerală. Comparativ cu alte elemente (N, P, S, Mg, Ca) nu se poate vorbi de imobilizarea potasiului sub forma unor compuşi organici, ce se include în materia organică.

Materia organică din sol intensifică absorbţia potasiului, influenţând efectul îngrăşămintelor minerale cu potasiu, care este mai mic pe solurile bogate în humus. Materia organică se transformă treptat în humus, ceea ce sporeşte şi capacitatea de reţinere prin schimb a cationilor şi deci şi a ionului de potasiu.

În plante conţinutul de potasiu variază cu specia, vârsta plantelor şi organele vegetative (seminţele de leguminoase 0,65-1,4%K, ramurile de rod la măr, prun, vişin 1,50-1,70% K_2O, fructele de agriş 2,7% K_2O, raportat la substanţa uscată).

Formele şi sursele de potasiu accesibile plantelor. După solubilitatea şi accesibilitatea pentru plante, compuşii potasiului din sol se pot grupa astfel: potasiu insolubil şi greu accesibil plantelor (silicaţi primari complecşi – 90-98% din total), potasiu interstra-tificat (fixat) în anumite minerale secundare şi primare (1-8% din total), potasiu adsorbit (K^+ - schimbabil) reţinut prin schimb la nivelul coloizilor solului (0,1-0,3% din total) şi potasiu din materia organică.

Plantele preiau din sol în procesul de nutriţie cea mai mare parte de potasiu provenit din K adsorbit şi din cel solubil în apă.

Tabelul 5.9

Caracterizarea stării de aprovizionare cu potasiu a solului
(după Davidescu şi Davidescu 1992)

Starea de aprovizionare	ppm K				
	potenţial asimilabil, în extract cu acetat lactat de amoniu			solubil în extract cu apă (1:5)	
	nisipos	lutos	argilos	lutos	argilos
Scăzută	< 60	< 100	< 200	< 40	< 55
Mijlocie	61-100	101-150	201-250	41-60	56-90
Bună	101-150	151-200	251-350	61-100	91-125
Ridicată	151-200	201-350	351-450	101-130	126-161
Foarte ridicată	> 200	> 351	> 451	> 131	> 161

5.4.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu potasiu

Sarea potasică

Îngrăşământul se obţine prin amestecarea clorurii de potasiu cu săruri naturale de potasiu fin măcinate (silvinit, carnalit, cainit ş.a.). Funcţie de proporţia amestecurilor dintre clorura de potasiu şi diferite săruri potasice naturale, există trei tipuri de sare potasică, cu conţinut diferit în substanţă activă (30-40-50%) şi cloruri.

Se prezintă sub formă de cristale albe cenuşii. Are higrosco-picitate redusă şi este slab aglomerabilă. Reacţia fiziologică este neutră.

Se poate aplica pe toate tipurile de sol dar cu restricţie la culturile clorofobe (familia solanacee), precum şi la culturile din spaţiile protejate.

Sulfatul de potasiu – K_2SO_4

Se obţine prin schimb ionic sau prin tratarea termică a sărurilor de tip de tip leonit, schoenit. Sulfatul de potasiu este mai scump decât celelalte îngrăşăminte cu potasiu, reprezintă cca. 4-5% din totalul îngrăşămintelor cu potasiu şi este recomandat cu prioritate plantelor care nu suportă clorul.

Îngrăşământul se prezintă ca o pulbere cristalină, de culoare albă sau cenuşiu deschis când este impurificat. Nu este higroscopic, nu se aglomerează şi are solubilitate mai scăzută comparativ cu clorura şi sarea potasică.

Conţinutul în substanţă activă este de 48-54% K_2O.

Are reacţie fiziologică acidă şi nu se recomandă pe solurile acide.

Având în vedere conţinutul foarte redus de clor, se recomandă culturilor de legume din spaţiile protejate, şi în special solanaceelor care sunt clorofobe, precum şi pomilor fructiferi şi viţei de vie.

Se poate utiliza la fertilizarea de bază înainte de însămânţare, precum şi la fertilizarea fazială pe parcursul vegetaţiei.

B. Îngrăşăminte minerale cu macroelemente de ordin secundar

În cadrul acestei categorii intră calciul, sulful şi magneziul. Se mai numesc şi macroelemente de ordin secundar întrucât nu se utilizează la fel de frecvent ca îngrăşăminte precum azotul, fosforul şi potasiul.

Calciul este un element nutritiv necesar tuturor plantelor, dar întrucât el se află în îngrăşămintele organice şi unele îngrăşăminte chimice şi prin administrarea acestora (împreună cu calciul prezent în sol, în medie 6-22 m.e./100 g sol la solurile cultivate) se satisface necesarul de calciu al plantelor. În continuare vor fi prezentate îngrăşămintele cu sulf şi magneziu.

5.5. Îngrăşăminte minerale cu sulf

5.5.1. Sulful în plantă şi sol

În plantă sulful are rol plastic şi catalitic, fiind prezent sub formă minerală şi organică.

Este un element indispensabil pentru metabolismul plantelor deoarece intră în constituţia aminoacizilor esenţiali (cistină, cisteină, metionină), a unor vitamine, uleiuri eterice ş.a. De asemenea are rol în procesele de respiraţie şi sinteză a proteinelor.

Carenţa de sulf este mai rară decât în cazul azotului, fosforului sau potasiului. Totuşi, în caz de nutriţie deficitară au acest element, plantele îşi reduc creşterea, frunzele capătă o culoare galben verzui – galben. Simptomele de carenţă apar pe organele vegetative tinere ale plantelor.

Prezenţa în natură Sulful se află în roci, în biosferă, hidroatmosferă şi atmosferă sub formă minerală, organică şi gazoasă. În solurile cultivate, în stratul arabil, conţinutul de sulf variază între 0,005-0,05%, ceea ce reprezintă o cantitate cuprinsă între 180-2400 kg/ha, DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992.

În plante sulful este prezent în cantităţi de 0,02-1,8% S raportat la

substanţa uscată, conţinutul fiind mai ridicat în seminţe. Unele plante horticole din familia *Cruciferae* (varza), *Liliaceae* (ceapa şi usturoiul), *Solanaceae, Umbeliferae* (chimenul, coriandrul, feniculul, leuşteanul, mărarul, morcovul, pătrunjelul, păstârnacul şi ţelina), sintetizează o cantitate mai mare de compuşi cu sulf.

5.5.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu sulf

Sulful ca îngrăşământ nu se utilizează atât de frecvent ca şi azotul, fosforul sau potasiul, dar odată cu modificarea agrotehnicii (irigaţia, cantităţi mai mari de îngrăşăminte şi în special complexe, soiuri şi hibrizi noi în cultură, culturi duble şi succesive, mai multe cicluri de producţie în spaţiile protejate ş.a.) pentru realizarea unor recolte mari şi de calitate este necesară utilizarea în anumite condiţii şi a sulfului sub formă de îngrăşăminte.

Pentru utilizarea îngrăşămintelor cu sulf se va ţine seama de cerinţele şi sensibilităţile anumitor plante horticole faţă de acest element. Astfel există plante cu cerinţe mari faţă de sulf, cum ar fi arahidele, ceapa, muştarul, ţelina, varza şi usturoiul; alte plante au cerinţe moderate (leguminoasele, sfecla, tomatele, cartoful, mărarul şi pătrunjelul) iar altele au cerinţă mică (salata, spanacul).

Anumite îngrăşăminte utilizate frecvent conţin cantităţi apreciabile cu sulf: sulfatul de amoniu (24%S), sulfatul de potasiu şi magneziu ş.a.

Sulful elementar

Se obţine din zăcăminte naturale prin măcinare. Produsul rezultat este o pulbere galben deschis, sub formă cristalină sau amorfă. Conţinutul în substanţă activă este 90-98% S. Pentru se a evita acidifierea solului ca urmare a utilizării sulfului, se recomandă aplicarea a 3 kg $CaCO_3$ pentru 1 kg de sulf elementar.

Gipsul $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Se găseşte în depozite naturale, fiind obţinut prin măcinarea zăcămintelor extrase. Se prezintă sub formă de pulbere albă gălbuie, amorfă sau cristalizată, şi conţine în medie 15-18% S.

Este indicat pe solurile nisipoase şi pe cele cu conţinut mai scăzut în materie organică în timp ce pe solurile cernoziomice apare mai rar necesitatea utilizării îngrăşămintelor cu sulf.

Fosfogipsul

Este un deşeu de la fabricarea superfosfatului concentrat. Se prezintă sub forma unei pulberi cenuşii şi conţine 70-80% gips şi 5-8% P_2O_5. În mod frecvent se utilizează ca amendament pentru ameliorarea solurilor alcaline.

Pe solurile acide, deşi este mai frecventă necesitatea utilizării îngrăşămintelor cu sulf, totuşi nu se recomandă ca urmare a acidifierii solului, pe aceste soluri fiind recomandate îngrăşămintele organice care conţin în medie 2% S/t. În cazul în care nu există altă soluţie, se recomandă utilizarea amendamentelor calcaroase pentru neutralizarea acidităţii generate de gips.

5.6. Îngrăşăminte minerale cu magneziu

5.6.1. Magneziul în plantă şi sol

Magneziul este un element cu rol catalitic, de importanţă vitală pentru

plante. El intră în componenţa clorofilei fiind prezent în toate ţesuturile verzi ale plantei, ţesuturile tinere cât şi în organele de reproducere.

Împreună cu calciul şi fosforul (acidul fosforic) magneziul participă la alcătuirea fitinei.

Magneziul participă la procesul de fotosinteză, la procesele metabolice de acumulare şi transport a energiei, favorizează nutriţia cu fosfor şi circulaţia fosforului în plante, activează anumite enzime şi coenzime ş.a.

Carenţa în magneziu determină la plante o scădere a conţinutului de clorofilă ceea ce atrage diminuarea procesului de fotosinteză şi o dereglare a metabolismului în general.

Deficienţa nutriţiei cu magneziu a plantelor se manifestă printr-o decolorare a frunzelor din etajul inferior (spaţiile dintre nervuri în timp ce nervurile rămân verzi).

Prezenţa în natură Magneziul este prezent în sol în proporţie cuprinsă între 0,2-4% MgO şi provine din mineralele primare, secundare, din săruri şi materia organică.

Pentru nutriţia plantelor sunt accesibile formele de magneziu schimbabil şi solubil, nevoia mai ridicată de magneziu fiind resimţită pe solurile uşoare (nisipoase) cu complex coloidal mai slab reprezentat. De asemenea pe solurile neutre şi bazice magneziul se află în forme mai greu solubile comparativ cu solurile acide.

În plante magneziul se află în cantitate de 0,01-0,7% raportat la substanţa uscată. Plantele asimilează magneziul sub formă de ion bivalent Mg^{2+}.

Plante mari consumatoare de magneziu sunt: salata, sfecla, tomatele. Valorifică bine fertilizarea cu magneziu culturi precum: ceapa, ridichea, sfecla, salata, tomatele, cartoful.

5.6.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu magneziu

Magneziul este conţinut în unele îngrăşăminte uzuale, precum: kainitul 9,7% Mg, polihalit 4% Mg, carnalit 5,88%Mg, gunoi de grajd 0,5% Mg.

Ca îngrăşăminte cu magneziu se utilizează unele minerale cu conţinut ridicat în magneziu precum şi săruri de magneziu.

Dolomitul $CaCO_3 \cdot MgCO_3$

Se obţine din zăcăminte naturale prin măcinare. Materialul rezultat este o pulbere fină, greu solubilă, cu conţinut de 8-13% Mg şi 18-21% Ca.

Dunitul $MgSiO_4 + FeSiO_4$

Se obţine din zăcăminte naturale (rocă eruptivă) prin măcinare. Materialul rezultat este o pulberea de culoare cenuşie-gălbuie-verzuie, greu solubilă şi conţine 41-47% MgO, 35-39% SiO şi 3-8% FeO. Este recomandat pe terenuri acide ce nu suportă exces de calciu.

Serpentinitul $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

Se obţine din zăcăminte naturale prin măcinare. Materialul rezultat, o pulbere fină, este greu solubil şi conţine 18-25% Mg. Este recomandat pe terenurile cu *p*H acid.

Sulfatul de magneziu $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Este o sare albă cristalină cu solubilitate ridicată în apă. Conţinutul în substanţă activă este de 16,2% MgO şi se recomandă a se utiliza prin stropiri

sub formă de soluţii la culturile intensive din spaţiile protejate, neutralizat cu calciu.

Kieseritul $MgSO_4 \cdot H_2O$

Este un mineral natural sub formă de sulfat de magneziu şi conţine 29,1% MgO iar prin calcinare, conţinutul de magneziu poate creşte la 33,5% MgO.

Întrebări

13. Care este conţinutul în substanţă activă la clorura de potasiu, sulfatul de potasiu şi la ce serveşte cunoaşterea conţinutului în substanţă activă a acestor îngrășăminte?
14. Pentru o cultură de tomate de vară-toamnă se recomandă o doză de 115 kg/ha N, 85 kg P_2O_5 şi 90 kg K_2O. În ce cantitate se vor folosi îngrăşămintele azotat de amoniu, superfosfat simplu şi sare potasică pentru a asigura necesarul plantelor ?
15. Un teren a fost fertilizat cu îngrăşăminte complexe tipul 27:13:0 în cantitate de 100 kg/ha şi urmează a se înfiinţa o cultură de cartof timpuriu. Ce cantitate de îngrăşăminte simple, uree, superfosfat concentrat şi sare potasică se vor aplica pentru a asigura necesarul plantelor care este de 120 kg/ha N, 85 kg/ha P_2O_5 şi 90 kg/ha K_2O.
16. Ce cantitate de îngrăşăminte se va aplica pentru fertilizarea unei plantaţii de măr pentru asigurarea necesarului de 135 kg/ha N, 105 ka/ha P_2O_5 şi 130 kg/ha K_2O având în vedere faptul că solul conţine 23 ppm P şi 85 ppm K. Avem la dispoziţie îngrăşămintele nitrocalcar, superfosfat simplu şi sare potasică.
17. În cazul unei grădini de legume urmează a se înființa o serie de culturi. Ce cantitate de uree, superfosfat concentrat şi sare potasică se va aplica pentru a asigura necesarul unei culturi de pătlăgele vinete care se ridică la 120 kg/ha N, 95 kg/ha P_2O_5 şi 80 kg/ha K_2O.

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 10

ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (IV)

Cuvinte cheie: microelemente, fier, cupru, zinc, mangan, bor, molibden, îngrășăminte complexe și mixte

Rezumat: Substanţele nutritive constituie, alături de apă, factorii de vegetaţie care se află cel mai frecvent în deficit faţă de necesarul plantelor, fapt pentru care prezenţa lor în cantităţi optime şi rapoarte echilibrate condiţionează cel mai mult producţia plantelor.

Îngrăşămintele sunt prezente într-o gamă mare de sortimente (îngrăşăminte cu azot, fosfor şi potasiu, macroelemente de ordin se-cundar, microelemente, îngrăşăminte complexe şi mixte, organice) iar cunoaşterea lor este necesară pentru a stabili, funcţie de condiţiile pedo-cliamtice şi culturale, ce îngrăşământ se va aplica, în ce doză şi perioadă, astfel încât plantele să transforme această investiţie într-un plus cantitativ şi calitativ de recoltă, în condiţii de eficienţă economică şi de menţinere a echilibrelor de mediu.

Sunt prezentate în continuare noţiuni generale despre îngrăşămintele cu microelemente, îngrășămintele complexe și mixte precum şi principalele sortimente de îngrăşăminte cu recomandări de utilizare.

C. Îngrăşăminte minerale cu micro-elemente

Microelementele sunt acele elemente nutritive de care plantele au nevoie în cantităţi foarte mici pentru nutriţia şi dezvoltarea lor normală. Aceste elemente reprezintă $< 0,01\%$ din substanţa uscată, în medie ele fiind cuprinse între $10^{-3} – 10^{-6}\%$.

Din această categorie fac parte mai multe elemente, numărul lor depăşind 30, dar de importanţă mai mare pentru plante sunt: fierul, manganul, cuprul, zincul, borul şi molibdenul.

Microelementele au un rol complex în metabolismul plantelor, participând la activitatea enzimelor, influenţând procesul de fotosinteză, transferul şi depozitarea unor substanţe de sinteză ş.a. O nutriţie normală cu microelemente favorizează formarea organelor de reproducere, fecundaţia, fructificarea şi imprimă plantelor rezistenţă mai mare la factorii nefavorabili precum îngheţul, secetă, la maladiile fiziologice, în final având influenţă asupra cantităţii şi calităţii recoltelor.

5.7. Fierul

5.7.1. Fierul în plantă şi sol

Fierul este considerat ca elementul ce face trecerea de la macroelemente la microelemente.

Fierul este asimilat cel mai frecvent ca fier bivalent Fe^{2+}, el intrând în compoziţia unor enzime precum şi a unor substanţe cu rol de transportori. Are rol în formarea precursorilor clorofilieni, în activarea unor enzime, metabolismul acizilor nucleici, respiraţie, menţinerea clorofilei în stare de funcţionare, stimularea diviziunii celulare ş.a.

Carenţa în fier apare mai frecvent la pomii şi arbuştii fructiferi şi la viţa de vie. Carenţa apare la frunzele tinere, de la partea superioară spre margini şi se manifestă prin decolorarea limbului (intervalului dintre nervuri), care devine galben albicios, ea fiind asemănătoare cu cea în magneziu. Carenţa în fier este asociată de regulă cu excesul de calciu.

Dereglarea nutriţie plantelor pentru fier apare în primul rând la plantele care nu suportă excesul de calciu (afine, cartof, ţelină) şi apoi la pomii şi arbuştii fructiferi şi la viţa de vie. Carenţa este mai frecventă pe solurile cu reacţie bazică.

Prezenţa în natură Solurile cultivate conţin de regulă suficient fier pentru o nutriţie normală a plantelor, valori medii ale conţinutului de fier fiind de 1,5-3% pe podzoluri şi 3,8-4,6% pe cernozi-omuri, DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992.

Adsorbţia insuficientă şi nutriţia deficitară cu fier a plantelor se datorează de cele mai multe ori conţinutului ridicat în calciu activ sau *p*H-ului bazic.

În plante conţinutul de fier este mic, de ordinul 0,01-0,05%.

5.7.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu fier

Sulfatul de fier $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

Este o sare cristalizată, de culoare verde deschis, solubilă în apă şi cu un conţinut de substanţă activă de 21% Fe.

Se aplică în cantitate de 4-5 kg/ha introdus direct în sol în amestec cu îngrăşăminte organice (gunoi de grajd, compost sau mraniţă) 1-3 kg $FeSO_4$ la 100 kg fertilizant organic, GOIAN 1985.

La pomii fructiferi şi viţa de vie se poate aplica şi extra-radicular, prin tratamente de iarnă (concentraţie 3-5%). În cazul tratamentelor din vegetaţie concentraţia este de 0,04-0,08%, fiind necesară neutralizarea cu var stins.

Chelaţii de fier sunt săruri organo-minerale sub formă de pulbere galbenă-maronie, care conţin în medie 8-12% Fe.

Se recomandă pe solurile acide în cantitate de 10-20 g pentru un pom matur iar pe solurile bazice 10-30 g pentru un pom. Extraradicular se pot aplica prin stropiri în cantitate de 0,5-1 kg/200-300 l apă.

5.8. Manganul

5.8.1. Manganul în plantă şi sol

Are rol important în viaţa plantelor, fiind implicat în activitatea a numeroase enzime. Activează alături de alte elemente procesul de formare a clorofilei şi are rol în procesul de fotosinteză. Ionul de mangan măreşte rezistenţa plantelor la secetă prin reducerea transpiraţiei.

Carenţa în mangan se aseamănă cea de fier, dar frunzele sunt mai mozaicate prin decolorare. Frunzele îşi reduc creşterea, culoarea lor devine în timp galben cenuşiu şi apar pete necrotice.

Carenţele apar mai frecvent pe solurile bazice. Excesul de mangan determină pe solurile acide apariţia de unor dungi negricioase de-a lungul nervurilor şi o deformare a mugurilor.

Prezenţa în natură În sol manganul se află în stare de oxidare bi-, tri- şi tetravalentă, fracţiunea cea mai importantă pentru nutriţia plantelor fiind Mn^{2+}. În stratul arabil conţinutul mediu de mangan este 180-3000 ppm, iar manganul solubil este conţinut în soluţia solului în medie între 0-9 ppm.

În plante conţinutul mediu este cuprins între 0,2-10 ppm. Se dovedesc a fi foarte sensibile: leguminoasele, prazul, castraveţii, dovleacul; sensibile: cartoful, spanacul, sfecla roşie, DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992.

5.8.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu mangan

Sulfatul de mangan $MnSO_4 \cdot 4H_2O$

Este o sare de culoare alb-roz, solubilă în apă, cu un conţinut de 24,6% Mn. Se aplică în cantitate de 20-50 kg/ha, iar în plantaţiile de pomi în cantitate de 100-200 g/pom. La apariţia simptomelor se poate aplica extraradicular, sub formă de soluţii cu o concentraţie de 0,3-1% neutralizat cu lapte de var. Se mai poate aplica umectabil la seminţe în concentraţie de 0,05-0,1% (8-10 l soluţie la 100 kg seminţe) sau la cuiburi nutritive în cantitate de 0,5-1,5 g mangan la 1 m^3 amestec nutritiv, GOIAN 1985.

Chelaţii cu mangan

Sunt derivaţi ai unor acizi organici, sub formă de săruri solubile ce conţin în medie 8-12% Mn, fiind utilizate pentru tratamente extraradiculare în concentraţii de 0,5-1 %.

Superfosfatul îmbogăţit cu mangan

Este un îngrăşământ ce se obţine prin introducerea în masa de superfosfat a 1-2% Mn cu scopul neutralizării acidităţii libere a superfosfatului. Se introduce în sol odată cu aplicarea super-fosfatului.

Oxidul de mangan MnO_2

Se prezintă sub forma unei pulberi de culoare gri-verzuie. Solubilitatea în apă este redusă iar acţiunea în sol este lentă. Conţinutul în substanţă activă este de 63% Mn. Se recomandă ad-ministrarea în toamnă în doză de 5-10 kg/ha şi încorporarea în sol cu arătura.

5.9. Cuprul

5.9.1. Cuprul în plantă şi sol

Cuprul are un rol important în metabolismul plantelor. El este un component al unor enzime, participă în procese de oxido-reducere, în sinteza clorofilei şi fructificare; este prezent de asemenea în cloroplaste. Participă alături de alte microelemente în reacţii metabolice şi la fixarea azotului molecular.

Carenţa în cupru determină perturbări în sinteza aminoacizilor şi a proteinelor. Se manifestă prin albirea vârfului frunzelor tinere, răsucirea şi veştejirea lor, creşterea plantelor fiind redusă. La pomii fructiferi lăstarii se răsucesc în forma literei „S", GOIAN 1985, şi este afectată fructificarea.

Carenţa se manifestă cel mai frecvent pe solurile bogate în materie organică, turboase, în sere, turbării şi pe cele nisipoase.

Plante horticole cu sensibilitate mai mare la insuficienţa cuprului sunt: ceapa, morcovul, spanacul, sfecla roşie, salata.

Prezenţa în natură În sol cuprul se află în diferite combinaţii, mai frecvent însă sub formă de carbonaţi şi sulfuri.

Conţinutul mediu în cupru total al solurilor din ţara noastră este cuprins între 2-62 ppm, mai ridicat în solurile de stepă şi mai redus în podzoluri. În orizontul superior al solurilor ocupate de plantaţii viticole, cuprul se poate acumula până la cantităţi de 800-1000 ppm.

În plante conţinutul de cupru este în medie cuprins între 1-15 ppm.

5.9.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu cupru

Sulfatul de cupru $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

Este o sare de culoare albastră, cristalină, solubilă în apă. Conţinutul de substanţă activă este de 25,9% Cu.

Se aplică la sol în cantităţi de 25-30 kg/ha sau extraradicular prin stropire cu soluţii de concentraţie 0,5-0,75% neutralizate cu lapte de var.

Cenuşa de pirită

Este un deşeu de la industria acidului sulfuric şi se prezintă sub formă de pulbere de culoare brună-roşcată; este greu solubilă în apă, conţinutul în substanţă activă fiind de 0,3-1,5% Cu.

Se administrează toamna pe sol, în doză de 50-100 kg/ha, pentru a fi încorporată cu arătura.

Chelaţii cu cupru

Îngrăşământul cel mai frecvent utilizat este Na_2CU-EDTA, ce conţine 37% Cu; se aplică extraradicular sub formă de soluţii în doze de 30 g Cu la 400 l apă.

Oxiclorura de cupru $CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$

Produsul conţine 40-50% Cu şi se utilizează prin administrare foliară, cu o concentraţie a soluţiei de 0,8-1%. Tratamentul se face la manifestarea carenţei pe plante, produsul fiind cunoscut şi sub denumirea comercială de Turdacupral.

5.10. Zincul

5.10.1. Zincul în plantă şi sol

Zincul, deşi este prezent în cantităţi reduse, are un rol impor-tant în viaţa plantelor. Este component al unor enzime cu rol în procesele de respiraţie; de asemenea activează activitatea altor enzime precum fosfataza, aldolaza ş.a. Participă la sinteza acizilor ribonucleici, la formarea proteinelor şi a cloroplastelor; de asemenea are rol în formarea unor vitamine. Are rol în reducerea nitraţilor în plante.

Carenţa de zinc determină dereglări în metabolismul plan-telor (în sinteza ATP-ului, ARN-ului, aminoacizilor, proteinelor ş.a.). Simptomele vizuale ale insuficienţei nutriţiei cu zinc se manifestă prin decolorarea frunzelor printre nervuri, frunzele rămân mici şi ramurile scurte. La pomii fructiferi, viţa de vie, citrice, carenţa de zinc se manifestă prin apariţia de internodii scurte şi frunze mici dispuse în rozetă; fructele rămân mici şi deformate.

Carenţa de zinc apare frecvent pe solurile cu *p*H-ul mai mare de 6, pe solurile calcaroase, organice şi acolo unde s-au utilizat cantităţi mai de îngrăşăminte fosfatice.

Prezenţa în natură În sol zincul se află în diferiţi compuşi precum silicaţi, carbonaţi, fosfaţi, oxizi, hidroxizi, materie organică ş.a.

Conţinutul mediu de zinc în stratul arabil al solului este de 24-112 ppm, mai scăzut în solurile podzolice şi cele nisipoase. Formele mobile ale zincului sunt de 1,4-7,5 ppm, DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992.

În plante zincul este prezent în cantităţi reduse, valori considerare optime pentru creşterea şi dezvoltarea normală a plantelor fiind de 0,003-0,250 ppm.

Asociaţiile de *Achillea millefolium* (coada şoricelului) sunt indicatoare de soluri cu un conţinut ridicat în zinc.

Necesarul de îngrăşăminte cu zinc apare la anumite specii pomicole (cais, măr, piersic), la viţa de vie şi plantele citrice.

5.10.2. sortimentul de îngrăşăminte chimice cu zinc

Sulfatul de zinc $ZnSO_4 \cdot 7\ H_2O$

Este o sare albă, cristalină, solubilă în apă, cu un conţinut de substanţă activă de 22,8%Zn.

Pentru prevenirea carenţei de zinc se administrează în sol în cantitate de 30-40 kg/ha odată la 3-4 ani. În plantaţiile de pomi fructiferi doza este de 2-3 g/pom.

Se poate aplica şi extraradicular, la apariţia a carenţei, sub formă de soluţie în concentraţie de 0,2% neutralizată cu lapte de var. Pentru seminţele de legume se poate proceda la înmuierea acestora înainte de semănat într-o soluţie de concentraţie 0,01-0,02% $ZnSO_4$.

Oxidul de zinc ZiO

Îngrăşământul are solubilitate redusă şi conţine 78% Zn. Se recomandă aplicarea în sol în cantităţi de 7-15 kg/ha, GOIAN 1985.

Superfosfatul îmbogăţit în zinc

Îngrăşământul se obţine prin utilizarea unor săruri cu zinc pentru neu-

tralizarea acidităţii libere a superfosfatului. Conţine 0,8-1% Zn. Se aplică pe sol şi se încorporează cu arătura.

Chelaţii cu zinc Na_2Zn-EDTA

Îngrăşămintele conţin 9-14%Zn şi se administrează pe cale foliară la o concentraţie a soluţiei de 15g/100 l apă.

5.11. Borul

5.11.1. Borul în plantă şi sol

Borul este un microelement deosebit de important în viaţa plantelor. El participă la procesele de respiraţie, intervine în metabolismul hidraţilor de carbon, este implicat în sinteza acizilor nucleici, a proteinelor şi lipidelor, are rol în activarea activităţii unor enzime, ia parte la formarea compuşilor aromatici ş.a.

Carenţa în bor se manifestă în mod deosebit la culturile ce ocupă terenuri cu *p*H neutru-bazic, carenţa fiind accentuată în condiţii de secetă.

Simptomele apar pe frunzele şi ramurile de la vârf sau din etajele superioare, iniţial sub formă de pete de culoare verde închis pe peţiolul frunzelor iar ulterior, într-un stadiu mai avansat frunzele devin clorotice, se răsucesc, deformează şi se înnegresc.

Plantele horticole, funcţie de sensibilitatea faţă de carenţa în bor, se situează în ordine descrescândă astfel: gulia, sfecla, ţelina, conopida, viţa de vie, legumele pentru seminţe, castraveţii, tomatele

Insuficienţa borului induce o serie de „boli fiziologice" fiind cunoscute peste 20 de astfel de dereglări fiziologice ale plantelor: căderea prematură a fructelor, crăparea rădăcinilor la ţelină, pătarea verde închis a piersicilor, putregaiul verzii roşii, a conopidei, putregaiul inimii la sfeclă, suberificarea pulpelor la prune ş.a.

Excesul de bor este toxic pentru plante, limita de toxicitate fiind considerată de 2-5 ppm B solubil în apă fierbinte.

Prezenţa în natură În sol, în stratul arabil, conţinutul total de bor variază între 7-70 ppm, iar borul accesibil plantelor (extras cu apă caldă) este de 0,15-6,5 ppm.

În plantă conţinutul de bor variază între 2-95 ppm raportat la substanţa uscată.

5.11.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu bor

Acidul boric H_2BO_3

Este un îngrăşământ cristalin de culoare albă, solubilitate mică în apă, cu un conţinut în substanţă activă de 17,5% B.

Se aplică extraradicular, sub formă de soluţii cu concentraţie de 0,02-0,3% H_3BO_4.

La speciile legumicole se poate utiliza, sub formă de soluţii cu concentraţie de 0,01-0,05%, la tratarea seminţelor înainte de semănat.

Poate fi administrat şi direct pe sol, în doze de 8-25 kg/ha acid boric, doze mai mici pe solurile nisipoase şi mai mari pe solurile argiloase.

Boraxul $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$

Îngrăşământul se prezintă sub formă de cristale mari, albe cu solubilitate mică în apă şi reacţie fiziologică bazică. Conţinutul în substanţă activă este de 11% B.

Se aplică pe cale foliară sub formă de soluţii diluate (0,01-0,5% $Na_2B_4O_7$) sau prin încorporare în sol; la pomii fructiferi se recomandă aplicarea a 3-6 g borax pentru fiecare m^2 de sol aflat sub proiecţia coroanei – 150-370g borax/pom, toamna sau primăvara înainte de înflorit, GOIAN 1985.

Pentaboratul de sodiu $NaHB_5O_{10}$

Îngrăşământul conţine 17% B şi are mare solubilitate în apă. Se recomandă la pomii fructiferi, aplicarea efectuându-se pe cale foliară cu soluţii de concentraţie de 100-250 g îngrăşământ/100 l apă. Se recomandă 2-4 tratamente în perioada înfloritului.

Superfosfat îmbogăţit cu bor

Se obţine prin utilizarea borului la granularea superfosfatului concentrat, 25 kg H_3BO_3 la tona de superfosfat. Îngrăşământul se administrează la sol fiind încorporat cu arătura.

Îngrăşăminte complexe lichide cu bor

Sunt îngrăşăminte de tip foliar ce conţin microelemente şi macroelemente, borul fiind prezent în concentraţie de 0,1-0,2 g/l. Se recomandă în legumicultură.

5.12. Molibdenul

5.12.1. Molibdenul în sol şi plantă

Cu toate că molibdenul este necesar în cantităţi mici, el are un rol important în nutriţia şi metabolismul plantelor. Molibdenul este componentul mai multor enzime şi este implicat în procese metabolice majore precum: reducerea nitraţilor, metabolismul fosforului, sinteza proteinelor, a unor vitamine ş.a.

Plantele absorb molibdenul sub forma ionului MoO_4^{2-}, prezenţa fosforului intensificând adsorbţia molibdenului.

Carenţa de molibden determină acumularea nitraţilor în frunze. În condiţii de insuficienţă a molibdenului în nutriţia plantelor a-par simptomele caracteristice şi anume cloroza frunzelor, oprirea creşterii, fructificarea scăzută, nodozităţi mici la plantele leguminoase. Carenţa este mai frecventă pe solurile cu reacţie acidă, bogate în oxizi de fier, mangan sau aluminiu mobil.

Prezenţa în natură În solurile din ţara noastră molibdenul se află în cantităţi cuprinse între 0,30-4,60 ppm Mo total şi 0,01-0,37 ppm Mo solubil.

În plante molibdenul se află prezent în cantitate mică, conţinut mai ridicat având seminţele de leguminoase, 5,5 ppm.

5.12.2. Sortimentul de îngrăşăminte chimice cu molibden

Molibdatul de sodiu $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$

Este o sare albă, cristalină, solubilă în apă, cu un conţinut de 39% Mo. Se poate aplica direct în sol concomitent cu îngrăşămintele cu azot, fosfor sau potasiu în doze de 0,75-1,5 kg/ha. La plantele legumicole se poate aplica prin tratarea seminţelor înainte de semănat cu soluţii de concentraţie 0,1% Mo. În vegetaţie se poate aplica prin stropiri extraradiculare cu soluţii de con-

centraţie 0,05-0,1% Mo.

Molibdatul de amoniu ($(NH_4)_2MoO_4$

Îngrăşământul este o sare cristalină cu un conţinut de 54% Mo. Se aplică în sol în doze de 0,5-1,1 kg/ha sau în timpul vegetaţiei prin tratamente foliare.

Anhidrida molibdenică MoO_3

Este un produs cristalizat, cu solubilitate mică în apă şi un conţinut de 66% Mo. Se administrează prin încorporare în sol, în cantităţi de 0,45-0,9 kg/ha.

D. Îngrăşăminte complexe şi mixte

Îngrăşămintele cu azot, fosfor, potasiu, macroelemente de ordin secundar sau cu microelemente prezentate anterior conţin un singur element nutritiv principal, fiind socotite din acest punct de vedere îngrăşăminte simple.

Industria produce şi alte tipuri de îngrăşăminte, care conţin mai multe elemente nutritive principale, unele conţinând şi macroelemente de ordin secundar şi microelemente şi care poartă denumirea de îngrăşăminte complexe şi îngrăşăminte mixte.

Îngrăşămintele complexe se obţin din amestecul chimic a două sau mai multe îngrăşăminte simple sau din amestecul materiilor prime utilizate la obţinerea îngrăşămintelor simple şi care dau naştere la compuşi noi din punct de vedere chimic ce conţin două sau mai multe elemente nutritive.

Îngrăşămintele mixte sunt amestecuri între materii prime reprezentate de îngrăşăminte chimice simple între care nu se formează compuşi chimici noi sau se formează doar parţial şi care conţin două sau mai multe elemente nutritive.

Aceste sortimente de îngrăşăminte prin particularităţile pe care le au prezintă atât avantaje cât şi unele dezavantaje.

Dintre avantajele acestor îngrăşăminte se pot menţiona: însuşiri fizice bune (granulate), higroscopicitate redusă, aciditatea echivalentă neutralizată, conţinut ridicat în substanţă activă (elemente fertilizante), coeficient de utilizare ridicat, aplicare uniformă pe teren ca urmare a stării fizice granulate, economie la manipulare, depozitare şi aplicare (la o singură trecere se aplică toate elementele nutritive).

Ca principale inconveniente ale acestor îngrăşăminte se pot menţiona: raportul fix de între elementele fertilizante conţinute (care corespund numai anumitor condiţii concrete de sol şi plante) ceea ce poate fi adesea în neconcordanţă cu cerinţele plantelor funcţie de specie şi de fenofazele de vegetaţie sau cu tipul de sol şi lipsa unor elemente nutritive cum ar fi macroelemente de ordin secundar sau microelemente.

Având în vedere particularităţile acestor tipuri de îngrăşăminte în practica agricolă se procedează la utilizarea combinată a îngrăşămintelor complexe şi mixte cu îngrăşăminte simple pentru a asigura plantelor o nutriţie echilibrată şi optimă.

Îngrăşămintele care intră în această categorie pot fi solide sau lichide şi convenţional se clasifică astfel:

- Îngrăşăminte complexe şi mixte anorganice:

- binare (NP, NK, PK ş.a.);
- ternare (NPK);
- ternare + microelemente;
- cu microelemente;
- binare sau ternare cu adaus de substanţe fitofarmaceutice;

- *Îngrăşăminte complexe din deşeuri naturale:*
  - anorganice (cenuşa);
  - organice
- *Îngrăşăminte complexe organo-minerale:*
  - naturale;
  - artificiale.

5.13. Îngrăşăminte minerale mixte

Îngrăşămintele mixte reprezintă amestecuri de îngrăşăminte simple fără formarea de compuşi chimici noi, putându-se obţine o gamă destul de variată de îngrăşăminte funcţie de substanţele participante la amestec.

Componentele cel mai frecvent utilizate sunt următoarele:

Îngrăşăminte cu azot: amoniac anhidru, amoniacaţi, soluţii de azotat de amoniu, soluţii de uree, azotat de amoniu cristalizat, sulfat de amoniu, uree, azotat de potasiu;

Îngrăşăminte cu fosfor: superfosfat simplu, superfosfat concentrat, fosfaţi bruţi măcinaţi, fosfat de amoniu, acid fosforic, acid superfosforic;

Îngrăşăminte cu potasiu: clorură de potasiu, săruri potasice, sulfat de potasiu.

Amestecul se poate face în unităţi specializate (centre de chimizare) sau în fiecare unitate de producţie şi presupune, funcţie de ce îngrăşământ mixt se doreşte a se obţine, stabilirea componentelor, a proporţiei de participare pentru fiecare şi amestecarea mecanică a acestora până la obţinerea unui produs omogen.

Având în vedere proprietăţile fizico-chimice ale îngrăşămin-telor simple şi posibilele reacţii secundare ce pot avea loc între acestea şi care să conducă la obţinerea unui produs necores-punzător, trebuie ţinută seama de compatibilitatea de amestec a acestora, a se vedea bibliografia de specialitate pentru detalii.

Astfel se pot amesteca în vederea obţinerii de îngrăşăminte mixte de tipul NP sau NPK:

- azotatul de amoniu, azotatul de sodiu, sulfatul de amoniu, sulfonitratul de amoniu;
- făina de fosforite, făina de oase, precipitatul;
- săruri potasice, clorura de potasiu, sulfatul de potasiu.

5.14. Îngrăşăminte minerale complexe

Îngrăşămintele complexe rezultă din reacţii chimice între componentele utilizate ca materie primă şi compuşii nou formaţi în masa de amestec.

Îngrăşămintele complexe au un mod de denumire (nomencla-tură) codificat prin trei sau patru cifre (15:15:15, sau 27:13:0, sau 22:11:11:4) ce reprezintă: prima cifră – conţinutul de azot (%), a doua cifră conţinutul de fosfor

(%), a treia cifră conţinutul de pota-siu (%) şi a patra cifră conţinutul în magneziu (%). Astfel un îngră-şământ complex de tipul 15:15:15 conţine 15 kg azot, 15 kg fosfor şi 15 kg potasiu la 100 kg de îngrăşământ.

Funcţie de elementele nutritive prezente în îngrăşământul complex, avem îngrăşăminte complexe binare de tipul NP, NK, PK, îngrăşăminte complexe ternare de tipul NPK, îngrăşăminte complexe cu microelemente de tipul NPK + microelemente, cu diferite rapoarte între elementele nutritive.

5.14.1. Îngrăşăminte complexe binare

În această grupă sunt încadrate îngrăşămintele complexe care conţin două elemente nutritive principale.

Fosfaţii de amoniu (fosfat amoniacal, monoamoniacal şi diamoniacal, fosfatul de Leuna ş.a.) se obţin prin neutralizarea acidului fosforic cu îngrăşăminte cu azot amoniacal.

Se prezintă sub formă granulată, sunt uşor higroscopice şi se livrează în saci impermeabili. Se produc următoarele tipuri: 11:48:0, 21:53:0, 23:23:0, 27:27:0 ş.a.

Notrofosfaţii se obţin prin atacul fosfaţilor naturali cu acid azotic şi acid fosforic.

Sunt condiţionate sub formă granulată şi ambalate în saci impermeabili. Dintre sortimentele distribuite pe piaţă se pot menţiona: 20:10:0, 27:13,5:0, 26:16:0, 22:22:0, 12:18:0.

Azotatul de potasiu se obţine prin dublu schimb între săruri care conţin potasiu, frecvent clorura de potasiu şi săruri ale acidului azotic şi separarea pe bază de solubilitate diferită. Îngrăşământul este sub formă de cristale, este solubil în apă de tipul 16:0:46. Se recomandă la plantele horticole din spaţii protejate precum şi la plante decorative.

Fosfatul de potasiu se obţine din carbonat de potasiu şi acid fosforic. Îngrăşământul este granulat, de tipul 0:22:30, 0:52:35.

Metafosfatul de potasiu se obţine prin tratarea termică a rocilor fosfatice. Îngrăşământul este granulat, de tipul 0:60:39.

5.14.2. Îngrăşăminte complexe ternare

Fosfat de amoniu şi potasiu este un îngrăşământ de tipul NPK, granulat, cu sortimentul 6:56:18.

Nitrofoska este un termen ce defineşte îngrăşăminte complexe ternare N:P:K, şi care au la bază azotat de amoniu, sulfat de amoniu, ureea, fosfat de amoniu, azotat de potasiu, clorură de potasiu, sulfat de potasiu.

Sunt produse mai multe sortimente: 13:26:13, 15:15:15, 16:16:16, 13:13:21 ş.a. Sunt condiţionate sub formă granulată şi livrate în saci.

5.14.3. Îngrăşăminte complexe cu microelemente

Aceste tip de îngrăşăminte conţin două sau trei macroelemente de bază la care se adaugă şi microelemente (Fe, B, Zn, Mo, Mn) fiind preparate mai multe sortimente.

Cristalin I de tipul 10:5:20:6 + Zn, Cu, B, Mo, este uşor solubil în apă şi se utilizează la tratamente extraradiculare sub formă de soluţii.

Cristalin II de tipul 16:16:18:6 + Fe, Zn, Cu, B, Mo, uşor solubil în apă, utilizat de asemenea pentru fertilizarea extraradiculară.

Se aplică prin stropiri cu soluţie de concentraţie 0,3-4%, Lixandru şi col. 1990.

5.14.4. Îngrăşăminte complexe lichide

Îngrăşămintele complexe lichide se prezintă sub formă de soluţii sau suspensii iar concentraţia în elemente nutritive este mai mică de 32% pentru a preveni precipitarea.

Sunt prezente sortimente cu două elemente nutritive de tipul NP cu raportul 1:3 între azot şi fosfor (8:24:0) sau cu trei elemente de tipul 13:13:13 sau 11:22:11.

Îngrăşăminte complexe lichide de tip C (clare)

În această categorie se încadrează îngrăşăminte lichide complexe cu următoarele sortimente: C – 011, C – 441, C – 313 şi C-141, tabelul 5.10.

Tabelul 5.10

Sortimentul de îngrăşăminte complexe lichide de tip C (clare)
(Goian 1985)

Elementul nutritiv	Tipul de îngrăşământ complex de tip C			
	C 011	C 441	C 313	C 141
	conţinutul de elemente nutritive în g/l			
N	-	160	110	40
P_2O_5	120	40	30	160
K_2O	120	40	110	40
Mg	-	-	10	-
Total s.a. g/l	240	240	260	240

Aceste îngrăşăminte complexe lichide sunt limpezi, incolore ori colorate, slab corozive ceea ce determină ambalarea lor în recipiente rezistente. Se pot amesteca între ele şi pot da, funcţie de participarea fiecăreia, o gamă mare de rapoarte de elemente nutritive pentru specii şi fenofaze diferite. Se aplică prin împrăştiere pe sol, sau sub formă de soluţii diluate (0,1-0,5%); se pot aplica cu apa de irigaţie ori prin tratamente extraradiculare.

Îngrăşăminte complexe lichide de tip F (foliare)

Acest tip de îngrăşăminte complexe conţin macro- şi microelemente şi se aplică prin tratamente foliare. Pentru aderenţă mai bună a soluţiilor la nivelul frunzelor se adaugă substanţe tensioactive precum şi agenţi de gonflare care determină o absorbţie mai bună, GOIAN 2000.

În ţara noastră se produc patru tipuri de îngrăşăminte complexe foliare (F – 411, F- 141, F – 231 şi F – 011), care conţin atât macroelemente cât şi microelemente, conţinutul total de elemente fertilizante fiind de 250-280 g/l.

Îngrăşămintele se aplică sub formă de soluţii, fiind miscibile cu apa, concentraţiile recomandate fiind de 5-10 l/ha în 2-3 reprize. Pot fi aplicate şi extraradicular, concomitent cu tratamentele fitosanitare, concentraţia recomandată în acest caz fiind de 0,2-0,3%.

5.14.5. Cenuşa

Este un reziduu fix, rezultat în urma combustiei diferitelor materii organice vegetale. Cenuşa are un conţinut ridicat de fosfor, potasiu, calciu şi microelemente.

Plantele reacţionează pozitiv la aplicarea cenuşii ca îngrăşământ. Aplicarea se face diferenţiat, funcţie de specia cultivată, cantitatea de cenuşă disponibilă ş.a. Astfel poate fi aplicată prin împrăştiere pe toată suprafaţa în doze de 1000-1200 kg/ha, odată cu semănatul prin tratarea (pudrarea) seminţelor în prealabil umectate (tomate, sfeclă ş.a.), la cuib (15-20 g la cuib), pe rând odată cu semănatul (100-200 kg/ha).

De asemenea cenuşa poate fi utilizată sub formă de soluţii cu concentraţie de 0,5-1,5% sau mai diluate la speciile care nu suportă concentraţii prea mari (dovlecei, castraveţi ş.a.). Mai poate fi utilizată la realizarea amestecurilor de pământ pentru ghivecele nutritive.

5.14.6. Îngrăşăminte complexe organo-minerale

Guano

Acest îngrăşământ provine din acumularea în timp a dejecţiilor şi corpurilor unor păsări care se hrănesc cu peşte, în amestec cu materii minerale, şi diferite pulberi. Astfel de zăcăminte se găsesc în Peru şi conţin în medie 11-16% N şi 3,4-6% P.

Un alt tip de guano s-a format în peşteri din dejecţiile şi corpurile liliecilor în amestec cu diferite pulberi. Conţin în medie 2-13% N şi 4-9% P. Depozite de acest tip de guano se află şi la noi în ţară la Cioclovina, Peştera Pui – Jud. Hunedoara, Mereşti – Jud. Harghita, Ampoiţa – Jud. Alba, Panicova – Plavişevita şi Cheile Gârliţei – Jud. Mehedinţi. Ele constituind resurse în elemente nutritive de interes local.

Întrebări

18. Care sunt cerințele plantelor pentru microelemente în procesul de nutriție?
19.
20. Care este conţinutul în substanţă activă şi ce serveşte cunoaşterea conţinutului în substanţă activă în cazul îngrășămintelor complexe?
21. Un teren a fost fertilizat cu îngrăşăminte complexe tipul 27:13:0 în cantitate de 100 kg/ha şi urmează a se înfiinţa o cultură de varză de toamnă. Ce cantitate de îngrăşăminte simple, uree, superfosfat concentrat şi sare potasică se vor aplica pentru a asigura necesarul plantelor care este de 120 kg/ha N, 85 kg/ha P_2O_5 şi 90 kg/ha K_2O.
22. Ce cantitate de îngrăşăminte se va aplica pentru fertilizarea unei plantaţii de viță de vie pentru asigurarea necesarului de 135 kg/ha N, 110 ka/ha P_2O_5 şi 95 kg/ha K_2O având în vedere faptul că solul conţine 38 ppm P şi 87 ppm K. Avem la dispoziţie îngrăşămintele nitrocalcar, superfosfat simplu şi sare potasică.

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 11

ÎNGRĂŞĂMINTELE CA MIJLOC DE DIRIJARE A FERTILITĂŢII SOLULUI (V)

Cuvinte cheie: îngrășăminte organice, gunoi de grajd, fermentare, mraniță, turbă, compost

Rezumat: Substanţele nutritive constituie, alături de apă, factorii de vegetaţie care se află cel mai frecvent în deficit faţă de necesarul plantelor, fapt pentru care prezenţa lor în cantităţi optime şi rapoarte echilibrate condiţionează cel mai mult producţia plantelor.

Îngrăşămintele sunt prezente într-o gamă mare de sortimente (îngrăşăminte cu azot, fosfor şi potasiu, macroelemente de ordin se-cundar, microelemente, îngrăşăminte complexe şi mixte, organice) iar cunoaşterea lor este necesară pentru a stabili, funcţie de condiţiile pedo-cliamtice şi culturale, ce îngrăşământ se va aplica, în ce doză şi perioadă, astfel încât plantele să transforme această investiţie într-un plus cantitativ şi calitativ de recoltă, în condiţii de eficienţă economică şi de menţinere a echilibrelor de mediu.

Sunt prezentate în continuare noţiuni generale despre îngrăşăminte, precum şi principalele sortimente de îngrăşăminte cu recomandări de utilizare

E. Îngrăşămite organice

Îngrăşămintele organice sunt substanţe simple sau complexe (compuse) utilizate pentru dirijarea fertilităţii solului şi pentru creşterea producţiei agricole.

În categoria îngrăşămintelor organice sunt incluse o serie de produse reziduale (secundare) provenite din diverse sectoare ale economiei, produse de sedimentare precum şi unele plante cultivate special şi utilizate ca îngrăşăminte verzi.

Îngrăşămintele organice pot fi clasificate după provenienţă sau după influenţa pe care o au asupra conţinutului de humus, tabelul 5.11. şi 5.12.

Îngrăşămintelor organice ca resurse fertilizante prezintă următoarele caracteristici:

- au utilizare locală deoarece au volum mare, conţinut relativ scăzut în elemente nutritive, se utilizează în cantităţi mari la unitatea de suprafaţă; fac excepţie turba şi compostul de răşinoase, care se găsesc pe arii limitate sau se produc doar în anumite regiuni dar sunt necesare pentru cultura plantelor horticole în

toate zonele;

- calitatea lor se apreciază în funcţie de conţinutul în elemente nutritive forme totale sau uşor accesibile plantelor, de conţinutul în substanţe organice, de prezenţa germenilor patogeni şi a metalelor grele (Cr, Ni, Cd, Hg ş.a.);
- constituie o sursă energetică pentru microorganismele solului;
- reprezintă o cale de restituire către sol a substanţelor minerale îndepărtate cu recolta;
- constituie o sursă de substanţe nutritive şi dioxid de carbon.

Tabelul 5.11

Clasificarea îngrăşămintelor organice după provenienţă

Provenienţa	Denumirea îngrăşământului organic
Zootehnie	Gunoiul de grajd, nămolul (tulbureala), dejecţii din sectorul avicol, urina şi mustul de gunoi
Reziduuri orăşeneşti	Nămolurile provenite de la epurarea apelor uzate orăşeneşti
Resturi vegetale ale culturilor	Producţia secundară (paie, coceni de porumb, tulpini de floarea soarelui, frunze + colete de sfeclă, vreji de cartof, vreji de la plante leguminoase sau legumicole), coarde de la viţa de vie, ramuri de la pomii fructiferi ş.a.
Composturi	Compost de curte, compost de paie, compost de coajă de răşinoase, composturi horticole
Culturi speciale	Îngrăşăminte verzi
Produse de sedimentare	Turba
Reziduuri industriale	Nămoluri de la distilerii viticole şi de fabricarea berii, reziduuri celulozice de la fabricarea hârtiei, reziduuri de la tăbăcării
Reziduuri animaliere speciale	Guano, Făina din resturi de la abatoare (oase, sânge, coarne, copite)

Tabelul 5.12

Clasificarea îngrăşămintelor organice după acţiunea humiferă

Acţiunea humiferă	Denumirea îngrăşământului organic
Îngrăşăminte organice cu acţiune humiferă	Gunoiul de grajd, resturile vegetale ale culturilor, mraniţa, turba, compostul, îngrăşămintele verzi
Îngrăşăminte organice cu acţiune slab humiferă	Dejecţiile animaliere în stare semilichidă (gülle, lisier)
Îngrăşăminte organice fără acţiune humiferă	Urina şi mustul de gunoi, gunoiul de păsări, nămolul provenit din complexele industriale de creştere a porcilor, apele uzate, dejecţiile umane, materiile uzate ale oraşelor

Activitatea de cultivare a plantelor s-a bazat o lungă perioadă de timp pe refacerea fertilităţii solului prin utilizarea fertilizanţilor organici, în special a gunoiului de grajd.

Îngrăşămintele organice ocupă un loc important în cadrul sistemelor

de agricultură ecologică, unde substituie în totalitate fertilizanţii minerali de provenienţă sintetică, dar în limita disponibilităţilor îngrăşămintele organice sunt utilizate şi în cadrul sistemelor agricole convenţionale.

Activitatea horticolă nu poate fi concepută fără utilizarea sistematică a îngrăşămintelor organice. Din paleta mare a îngrăşămintelor organice prezentate anterior nu toate se pretează pentru cultura plantelor horticole, în continuare fiind prezentate acele sortimente de îngrăşăminte organice care sunt utilizate frecvent în practica horticolă.

5.15. Gunoiul de grajd

Gunoiul de grajd este un produs complex, rezultat din fermentarea aerobă şi anaerobă a unui amestec format din dejecţiile consistente şi lichide ale animalelor cu diferite resturi vegetale (paie, vreji, frunze uscate, rumeguş ş.a.) utilizate ca aşternut. Este produsul cel mai frecvent utilizat ca îngrăşământ organic.

Compoziţia chimică a gunoiului de grajd este determinată de specia de animale, vârsta, starea lor de sănătate, felul şi calitatea fu-rajelor, de cantitatea şi proporţia dintre ele în raţie, de raportul dintre dejecţiile consistente, lichide şi cantitatea aşternutului, tabelul 5.8. De asemenea metoda de păstrare (fermentare) influenţează calitatea şi compoziţia chimică a gunoiului de grajd, tabelul 5.13, 5.14.

Tabelul 5.13

Compoziţia dejecţiilor solide şi lichide a animalelor
(DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992)

Specia de animale	Apă	Subst. uscată	Azot N	Fosfor P	Potasiu K	Calciu Ca	Magne-ziu Mg	Sulf S
Excremente proaspete								
Cabaline	75,7	24,3	0,44	0,15	0,30	0,10	0,07	0,02
Vite cornute mari*	83,8	16,2	0,30	0,10	0,16	0,25	0,08	0,01
Ovine	65,5	34,5	0,55	0,13	0,12	0,32	0,09	0,06
Porcine	82,0	23,0	0,60	0,18	0,22	0,06	0,06	0,01
Urină proaspătă								
Cabaline	90,1	9,9	1,55	0,00	1,24	0,32	0,14	0,02
Vite cornute mari *	93,8	6,2	0,60	0,02	0,41	0,00	0,02	0,05
Ovine	87,2	12,8	1,95	0,00	1,94	0,11	0,20	0,01
Porcine	96,7	3,3	0,43	0,03	0,41	0,00	0,05	0,03
Excremente de păsări								
Găini	56,0	44,0	1,63	0,67	0,70	1,90	0,44	0,18
Gâşte	77,1	22,9	0,55	0,24	0,80	0,60	0,12	0,06
Raţe	56,6	43,4	1,00	0,60	0,50	1,20	0,21	0,14
Porumbei	54,9	48,1	1,76	0,77	0,83	1,14	0,30	0,14

* 500 kg greutate vie

Tabelul 5.14

Compoziţia medie a gunoiului de grajd (%) în decurs de 4 luni funcţie de metoda de păstrare (GOIAN 1985)

Părţi componente	Metoda de fermentare		
	Îndesat	Afânat + îndesat	Afânat
Materie organică	22	19	19
Azot total (N)	0,61	0,66	0,71
Azot amoniacal	0,23	0,15	0,18
Fosfor (P)	0,17	0,19	0,21
Potasiu (K)	0,35	0,40	0,43
Calciu (Ca)	0,12	0,17	0,16
Raportul C/N)	16	13	10

În medie se poate considera că gunoiul de grajd proaspăt, format inclusiv din aşternut, conţine 75% apă, 20% materie organică, 0,5% N, 0,25% P_2O_5, 0,6% K_2O, şi 0,35% CaO.

Există posibilitatea de îmbunătăţire a compoziţiei chimice a gunoiului de grajd, în sensul micşorării pierderilor de azot şi îmbunătăţirea raportului dintre elementele nutritive.

Pentru a reduce pierderile de amoniac din gunoiul de grajd se poate adaugă cca. 0,5% din greutatea sa superfosfat, gips sau săruri de magneziu. Superfosfatul se poate presăra zilnic în cantitate de 5 kg/cap de vită mare în 24 ore în grajd pe aşternut, sau pe platforma de gunoi, în cantităţi mai mici la început pentru a nu stânjeni fermentarea. În cazul în care se utilizează făina de fosforite este îmbunătăţit şi conţinutul de fosfor, având în vedere că gunoiul de grajd este un îngrăşământ azoto-potasic.

Cantitatea de gunoi ce se obţine într-o perioadă de timp depinde de specia de animale şi numărul acestora, de lungimea perioadei de stabulaţie, de cantitatea şi calitatea aşternutului, de modul de gospodărire a gunoiului, tabelul 5.15.

Tabelul 5.15

Cantitatea medie de gunoiului de grajd nefermentat obţinută de la un animal într-o perioadă de stabulaţie (DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992)

Durata perioadei de stabulaţie (zile)	Categoria de animale şi cantitatea de gunoi în t			
	Vite cornute mari	Cabaline	Ovine	Porcine
220-240	9-10	6-7	0,8-0,9	1,5-2,0
200-220	8-9	5-6	0,7-0,8	1,2-1,5
180-200	6-8	4-5	0,6-0,7	1,0-1,2
sub 180	4-5	2,3-3,0	0,4-0,5	0,8-1,0

Păstrarea gunoiului de grajd

Ca urmare a faptului că lucrările de bază ale solului au caracter sezonier, gunoiul de grajd se obţine în cantităţi mici eşalonat în timp, cât şi datorită formei inaccesibile plantelor în care se află elementele nutritive componente ale gunoiului de grajd se impune păstrarea gunoiului de grajd, timp în care

are loc şi fermentarea.

Se deosebesc mai multe procedee de colectare şi păstrare a dejecţiilor animalelor, ceea ce va conduce la tipuri specifice de fermentare:

a) colectarea dejecţiilor animaliere din grajd împreună cu aşternutul, cu scoatere zilnică;

b) evacuarea dejecţiilor din grajd pe cale umedă cu jet de apă în adăposturile cu pardosea caldă;

c) pe aşternut permanent, care se completează pe măsură ce se murdăreşte şi evacuarea la intervale mai mari de timp.

Depozitarea gunoiului de grajd evacuat în sistem clasic, metodă de altfel foarte răspândită, se face pe platforma de gunoi.

5.15.1. Platforma de gunoi

Platforma amenajată pentru depozitarea şi fermentarea gunoiului de grajd se construieşte în câmp, în apropierea arealelor de utilizare a gunoiului (sere, solarii) sau în curtea fermei.

Amplasarea platformei se va face la o distanţă de cel puţin 15 m de grajd astfel încât drumurile de furajare să nu se intersecteze cu cele de evacuare a gunoiului şi la 50-200 m faţă de locuinţe şi fântânile cu apă de băut. Se poate construi la suprafaţa solului sau în săpătură (adâncime nu mai mare de 0,5-1 m determinată de nivelul apei freatice). Fundul platformei va fi înclinat spre una sau ambele margini şi condiţionat astfel încât să nu permită infiltraţii. Pentru aceasta el este acoperit cu un strat de cca. 20-25 cm de argilă sau betonat ori dalat cu cărămidă, lemn sau alte materiale adecvate.

Dimensiunile platformei sunt stabilite funcţie de cantitatea de gunoi estimată a se depozita până la transportul şi aplicarea gunoiului. Astfel funcţie de efectivele de animale, cantitatea dejecţiilor produsă pe cap de animal, greutatea volumetrică a gunoiului şi durata de fermentare se pot stabili dimensiunile platformei, tabelul 5.16.

Tabelul 5.16

Suprafaţa platformei de gunoi în raport cu specia de animale şi numărul de evacuări a gunoiului de pe platformă

Numărul de evacuări a gunoiului în câmp/an	Durata de fermentare (în luni)	Suprafaţa platformei (m^2/cap de animal)				
		Cabaline	Cornute mari	Tineret cabalin şi bovin	Porcine	Ovine
o singură dată	6-7	4-5	5-6	3-4	1,5	0,5
de două ori	4-5	2-2,5	2,5-3,5	1-2	0,5-0,7	0,2-0,3
de trei ori	2-3	1,5-1,7	1-2,5	0,5-1,2	0,1-0,5	-

Platforma poate avea o formă pătrată dar cel mai frecvent dreptunghiulară cu lăţimea de 4-9 m şi lungime variabilă în raport cu cantitatea de gunoi ce urmează a fi depozitată, cu latura lungă pe direcţia vântului predominant.

Platforma este prevăzută pe margini cu canale iar la capăt cu un bazin

colector în care se va acumula mustul de gunoi rezultat în timpul fermentării. Bazinul se va amplasa sub nivelul platformei şi va avea un volum care să asigure acumularea mustului de gunoi (1,5m^3/cap vită mare sau 2m^3/cap vită mare dacă se colectează şi urina).

5.15.2. Metode de fermentare a gunoiului de grajd

Funcţie de procedeul de colectare şi păstrare a dejecţiilor se deosebesc următoarele tipuri de fermentare:

a) Fermentarea în grămezi aşezate nesistematic Acest tip de fermentare se întâlneşte mai rar, şi constă în aşezarea gunoiului în grămezi fără formă, împrăştiate; depozitarea fiind afânată se favorizează uscarea părţii exterioare şi mucegăirea, din care cauză descompunerea este lentă, neuniformă şi cu pierderi mari de azot, rezultând un gunoi de slabă calitate. Nu se recomandată acest tip de gestionare a gunoiului de grajd.

Pentru obţinerea unui gunoi de calitate se impune o fermentare controlată şi dirijată de către om, ceea ce se realizează pe platforme special amenajate. Fermentarea în platforme se desfăşoară după procedeul fermentării anaerobe sau la rece, al fermentării aerobe sau la cald şi a fermentării mixte, iniţial o fermentare rapidă sau la cald urmată de o fermentare la rece.

b) Fermentarea la rece Pentru aceasta aşezarea gunoiului se face pe porţiuni mici cu latura de 2-3 m lăţime şi 0,5-0,6 m înălţime în sensul lungimii platformei şi începând din latura în care este amplasat bazinul de colectare a mustului de gunoi. Gunoiul se omogenizează cu furca, se aşează pe platformă, se tasează şi se acoperă cu un capac de scânduri. În ziua următoare capacul se dă la o parte şi se aşează în condiţii similare un nou strat de gunoi, se tasează şi se acoperă. Operaţiunea se repetă până se ajunge la o înălţime de 2-2,5 m după care se începe un nou strat de gunoi până la finalizarea platformei. Concomitent platforma se înconjoară cu scânduri gudronate sau alte materiale pentru a preveni deteriorarea gunoiului prin uscare sau spălare din cauza vântului sau a precipitaţiilor. Fermentarea durează 3-5 luni.

c) Fermentarea la cald Potrivit acestei metode, depozitarea gunoiului pe platformă se face în straturi afânate de 2 m lăţime şi 0,8-1 m înălţime şi se aşteaptă ca gunoiul să se încălzească la 50-55ºC (cca. 5-7 zile); la următoarea scoatere a gunoiului acesta se aşează în condiţii similare alături de stratul anterior. Pe această cale se urmăreşte obţinerea unei fermentări intense, care se reglează prin aeraţie şi udarea gunoiului. Fermentarea durează 2-3 luni.

d) Fermentarea semicaldă Gunoiul se aşează pe platforma de fermentare la început afânat, pe o lăţime de 2 m şi înălţime de 1 m, iar după ce temperatura se ridică la 50-60ºC (3-4 până la 80-10 zile) se tasează şi se clădeşte deasupra un nou strat de gunoi în condiţii similare până la 2-2,5 m înălţime. Fermentarea durează 3-4 luni.

Pentru condiţiile din ţara noastră se recomandă fermentarea la rece sau semicaldă, care asigură obţinerea unui gunoi de grajd de bună calitate. Compoziţia chimică medie a unui astfel de gunoi de grajd este de 0,5-0,6% N, 0,18-0,20% P şi 0,65% K.

e) Fermentarea gunoiului sub picioarele animalelor sau pe aşternut permanent Se deosebesc două variante 1 – în grajduri adânci, 2 – în siste-

mul de creştere a animalelor în stabulaţie liberă pe aşternut permanent.

În prima variantă, în acest scop pardoseaua adăpostului este mai adâncă cu 0,4-1 m faţă de nivelul solului, fiind impermeabilizată cu un strat de argilă sau betonată. Zilnic se completează aşternutul, cca. 10 kg/cap animal la bovine şi 2-3 kg/cap animal la ovine. Urina şi dejecţiile consistente rezultate se amestecă cu aşternutul prin călcarea în picioare de către animale, creându-se condiţii de fermentare anaerobă. Se obţine astfel un gunoi de calitate superioară. Evacuarea gunoiului se face la intervale mai mari de timp, de regulă când se ajunge la nivelul solului, gunoiul fiind transportat direct la câmp pentru aplicare, sau fiind depozitat pe platformă.

În varianta a doua procedeul decurge asemănător, doar că animalele se află în stabulaţie liberă, rezultând şi prin această variantă un gunoi de calitate superioară.

g) Fermentarea cu producere de biogaz Acest procedeu se desfăşoară în condiţii speciale – tancuri de fermentare – rezultând un gunoi de foarte bună calitate şi gaz metan. Fermentarea decurge în condiţii aerobe timp de 8-14 zile după care consumându-se oxigenul are loc o fermentare anaerobă cu formare de gaz metan, care se va capta într-un recipient. Dintr-o tonă de gunoi se obţin cca. 50-60 m^3 de gaz metan. Pierderile de elemente nutritive sunt minime, gunoiul obţinut fiind de foarte bună calitate.

5.15.3. Aplicarea gunoiului de grajd

Utilizarea gunoiului de grajd ca îngrăşământ se face diferenţiat funcţie de plantă, sol şi condiţiile climatice.

Transportul gunoiului de la platformă în câmp se recomandă a se face pe vreme răcoroasă pentru a se evita pierderile de azot. Din platformă gunoiul se va încărca de pe o porţiune pe toată înălţimea platformei.

Pe câmp împrăştierea se va face pe fâşii dreptunghiulare, cât mai uniform, lungimea fâşiei fiind egală cu lăţimea solei, iar încorporarea prin arătură se va face în aceiaşi zi.

În anumite cazuri, gunoiul se poate aplica prin împrăştiere la suprafaţa solului fără a fi încorporat, el având rol de mulci.

Pentru culturile de primăvară, se recomandă aplicarea şi încorporarea gunoiului de grajd din toamnă. Gunoiul de grajd se încorporează în primăvară pe solurile nisipoase sau pe terenurile în pantă pe care nu se recomandă arătura de toamnă.

Adâncimea de încorporare a gunoiului este determinată de starea gunoiului respectiv gradul de fermentare, textura solului, condiţiile climatice. Pe solurile nisipoase sau pe cele tinere, în zone-le secetoase, încorporarea gunoiului se va face la 20-24 cm însă nu mai adânc întrucât descompunerea are loc lent ca urmare a procese-lor de anaerobioză. Pe solurile argiloase şi în zonele cu precipitaţii abundente se va încorpora la 15-20 cm.

Stabilirea dozei de gunoi se face în funcţie de conţinutul de argilă a solului (Ag), indicele de azot în stratul arat al solului (IN) şi conţinutul în elemente nutritive a gunoiului de grajd, în special conţinutul în azot (Ng), conform formulei de calcul:

$$Doza\,de\,gnoi\,(t/ha) = \left(15 + \frac{30}{IN}\right) \cdot \left(1{,}35 - \frac{8}{Ag}\right) \cdot \left(\frac{0{,}4}{Ng}\right)$$

unde:
- IN – indicele de azot (%);
- Ag – conţinutul în argilă (%);
- Ng – conţinutul în azot al gunoiului de grajd aplicat (%).

Eficienţa gunoiului de grajd se manifestă pe o perioadă de 2-3-4 ani de la aplicare, în raport cu doza utilizată, compoziţie, raportul C:N şi condiţiile pedo-climatice.

Pe baza rezultatelor a numerose cercetări privind utilizarea gunoiului de grajd se recomandă doze moderate sau mici aplicate mai des comparativ cu doze mari şi la intervale mari de timp.

În primul an de la aplicare folosesc mai bine gunoiul de grajd plantele cu perioadă mai mare de vegetaţie cum sunt: cartoful, castraveţii, tomatele, varza, ceapa.

În anul al doilea de la aplicare, efectul remanent al gunoiului de grajd este bine valorificat de cartofii timpurii, varza timpurie, ceapa, sfecla roşie, morcov.

Privind starea gunoiului de grajd, pentru majoritatea culturilor horticole este potrivit un gunoi semifermentat sau fermentat, gunoiul în stare mai proaspătă putând fi utilizat la cartof, castraveţi şi pe soluri mai grele.

5.16. Mraniţa

Mraniţa este un îngrăşământ organic rezultat din gunoiul de grajd ca urmare a unui proces înaintat de fermentare. Are aspect pământos şi grăunţos şi reprezintă 25% din masa iniţială a gunoiului de grajd.

Mraniţa conţine în medie 0,7-2% N total, 0,3-1,2% P_2O_5 (),13-0,52% P), 0,8-0,9% K_2O (0,6-0,7% K), 0,5% CaO (0,35% Ca, la un conţinut de 55-70% apă, DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992.

Se utilizează cu precădere în legumicultură precum şi la plan-tele decorative pentru realizarea amestecurilor nutritive, acoperirea seminţelor în răsadniţe.

Se poate aplica şi la culturi în vegetaţie mai eficientă fiind aplicarea la cuib odată cu semănatul sau plantatul răsadurilor. Se poate aplica singură sau în amestec cu îngrăşăminte chimice (P, K) la cartof, tomate, varză, castraveţi, dovlecei precum şi în gropile de plantare a pomilor fructiferi şi viţei de vie.

Se recomandă păstrarea în grămezi acoperite cu un strat de pământ pentru a preveni uscarea, spălarea de către ploi şi pierderea de elemente nutritive.

5.17. Urina şi mustul de gunoi

Urina şi mustul de gunoi sunt îngrăşăminte organice fără acţiune humiferă.

Urina provenită de la animalele ţinute în stabulaţie şi care nu este absorbită de aşternut, se acumulează în bazine speciale în afara adăpostului.

Cantitatea de urină depinde de specie şi vârsta animalelor, fiind în medie de 4-6 l/cap de animal la cabaline şi 10-15 l/cap de animal la bovine în 24 de ore.

Conţinutul în substanţe nutritive este de 0,9-1,5% N la cabaline, 0,5-0,6% N la bovine, 0,4% N la suine, 0,02-0,03% P şi 0,4-2,2% K, fiind deci un îngrăşământ azoto-potasic. Mai conţine de asemenea şi hormoni şi auxine.

Se poate utiliza ca îngrăşământ de bază în cantitate de 10-30 t/ha sau în perioada de vegetaţie când se diluează cu apă în raport de 1:3.

Mustul de gunoi rezultă în urma fermentării gunoiului de grajd pe platformă şi este colectat în bazine special amenajate.

Este un îngrăşământ cu acţiune rapidă şi are un conţinut mediu de elemente nutritive de: 0,2-0,4% N, 0,03% P_2O_5 (0,013%P), 0,4-0,6% K_2O (0,3-0,5%K), DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992.

Cantitatea de must de gunoi rezultată în urma fermentării variază funcţie de tipul de fermantare, de la 20-30 l/t de gunoi la fermentarea anaerobă până la 100-150 l/tona de gunoi la fermentarea aerobă.

Se utilizează singur sau în amestec cu urina. Ca îngrăşământ de bază se recomandă în cantităţi de 10-30 t/ha iar în cursul perioadei de vegetaţie diluat cu apă în proporţie de 1:3. Este recomandat ca îngrăşământ de bază pentru cartof, rădăcinoase cu excepţia ţelinei. Nu se va aplica pe acelaşi teren la un interval mai mic de 2-3 ani pentru a se evita îmburuienarea.

Atât urina cât şi mustul de gunoi se aplică cu agregate specia-le, prevăzute cu cisterne vidanjoare şi dispozitive de împrăştiere a îngrăşămintelor.

5.18. Turba

Turba este un îngrăşământ organic rezultat în depozite de formare ca urmare a acumulării resturilor plantelor hidrofile aflate în diferite stadii de descompunere ca urmare a excesului de umiditate şi fermentării anaerobe.

Se cunosc trei tipuri de turbării, diferenţiate prin condiţiile de formare şi compoziţia floristică.

Turbării de mlaştini eutrofe, sau joase (bahne) s-au format pe fundul unor mlaştini, albii de râuri sau văi din specii precum *Carex* (rogoz), *Hiphnum* (muşchi frunzoşi), *Phragmites* (stuf), ş.a.

Aceste turbe au *p*H neutru slab acid (6-7,2), şi conţinut în elemente nutritive de: 1,3-3,9% N, 0,11-0,32% P_2O_5 , 0,17-0,56% K_2O şi un grad de saturaţie în baze de 75-98%. Ele pot fi utilizate direct ca îngrăşământ cu condiţia să aibă gradul de descompunere de cel mult 40-45%.

Turbării de mlaştini oligotrofe sau înalte (tinoave) s-au format sub păduri, pe cumpăna apelor, pe roci bogate în siliciu în condiţii de precipitaţii abundente, peste 750 mm anual. La baza formării acestor turbării au stat specii precum *Sphagnum,* diferite cormofite*, Betulaceae* ş.a.

Aceste turbe au un *p*H acid (3,8-5,0) şi conţin în medie 0,8-1,3% N, 0,06-1,15% P_2O_5, 0,02-0,1% K_2O iar gradul de saturaţie cu baze este redus, 16-26%.

Pot fi utilizate la prepararea de composturi, la pregătirea terenurilor în spaţiile protejate, corectarea reacţiei alcaline a solurilor.

Turbării mezotrofe sau intermediare sau format din specii comune tipurilor de turbării descrise anterior. Au *p*H-ul între 4-5,4, şi conţinut mediu de elemente nutritive de 1-2,3% N, 0,07-0,2% P_2O_5 şi 0,03-0,1% K_2O.

Exploatarea turbei constă în tăierea acesteia sub formă de calupuri cu latura de 25-30 de cm care se aşează în stive pentru zvântare şi aerare în vederea uscării. Turba se consideră uscată când umiditatea scade sub 50-60% din greutatea iniţială.

În vederea utilizării ca îngrăşământ, turba trebuie pregătită prin fermentare în platforme, fie singură fie în amestec cu gunoi de grajd, îngrăşăminte minerale şi carbonat de calciu pentru corectarea acidităţii.

Are mare capacitate de reţinere a apei şi elementelor nutritive şi se utilizează ca îngrăşământ dar mai ales la pregătirea composturilor horticole, a amestecurilor nutritive în sere pentru sporirea conţinutului de materie organică.

5.19. Gunoiul de păsări

Gunoiul de păsări este un fertilizant organic valoros cu acţiune rapidă. Conţinutul mediu de elemente nutritive, raportat la substanţa uscată este de: 3-5 % N, 2-3% P_2O_5 (0,8-1,3% P), 1,1-2,5% K_2O (0,9-2%K).

Cantitatea anuală ce se poate acumula este de 6 kg de la o găină, 8 kg de la o raţă şi 14 kg de la o gâscă (valori medii).

Pentru e se preveni pierderile de azot, se foloseşte un aşternut de turbă, pleavă, pământ uscat sau nisip. Periodic dejecţiile sunt evacuate, după care se usucă şi depozitează la loc uscat urmând a fi mărunţite înainte de aplicare.

Se recomandă utilizarea în cantităţi de 1000-1500 kg/ha la legume, pomii şi arbuştii fructiferi. Se poate aplica şi local în cuib sau pe rând în cantitate de 400-500 kg/ha.

În timpul perioadei de vegetaţie se poate aplica la dovlecei, gulii, tomate ş.a. sub formă de suspensie cu apă sau must de gunoi de grajd ori urină în raport de 1/4÷6 părţi apă sau diluţii mai mari 1/20 părţi apă.

Poate fi utilizat de asemenea alături de alte materiale organice la pregătirea composturilor.

Trebuie avută atenţie la dejecţiile de păsări care provin din complexele industriale şi care pot conţine substanţe medicamentoase sau metale grele.

5.20. Compostul

Compostul este un îngrăşământ organic sau organo-minereal rezultat în urma fermentări dirijate a unor componente organice precum: resturi ale culturilor, reziduuri din gospodărie – cenuşă, tescovină, moloz, măturătura de curte, resturi de la văruit, resturi de la bucătărie, frunze, părţi vegetative rezultate de la tăierea florilor şi arbuştilor ornamentali, iarba rezultată de la cosirea gazonului, rumeguş şi scoarţă de copac, oase, coji de nuci, coji de castane comestibile ş.a.

Având în vedere diversitatea mare a componentelor este necesară o fermentare activă care să favorizeze descompunerea lor. Pentru aceasta este necesar să se asigure la început o aeraţie puternică şi umiditate suficientă

şi un conţinut ridicat de azot asimilabil.

Producerea compostului se va face pe o platformă de compostare, care este similară celei pentru fermentarea gunoiului de grajd dar de dimensiuni mai reduse, funcţie de cantitatea de materiale destinate compostării.

Funcţie de materiale supuse fermentării şi modul de dirijare a acesteia se diferenţiază mai multe tipuri de compost.

5.20.1. Composturi obişnuite

Aceste composturi se obţin din materiale reziduale de tipul celor anterior prezentate, cu o pondere de participare diferită funcţie de cum dispunem de ele. Materialele reziduale se mărunţesc, se amestecă şi se udă cu apă, urină, must de gunoi până la 60-70% şi se aşează îndesat pe platformă, alternând un strat de materiale reziduale cu un strat de pământ (5-6 cm) şi acoperind platforma la finalizare cu un strat de 10-15 cm pământ. Pentru reducerea acidităţii se va adăuga calciu sau cenuşă 10-15 kg la fiecare m^3 de material supus fermentării.

În platformă se fac găuri de aerisire pentru a favoriza creşterea temperaturii la 50-60ºC cât mai repede, iar periodic platforma se udă.

După o perioadă de 1-2 luni platforma se desface, se amestecă prin lopătase şi se clădeşte din nou.

Compostarea durează cca. 6-12 luni funcţie de natura materialelor supuse fermentării. Materialul obţinut este pământos, de culoare închisă şi se mărunţeşte uşor. Se recomandă cernerea compostului, materialele care nu s-au descompus în totalitate fiind introduse alături de altele noi la o nouă fermentare.

5.20.2. Compost din paie

Materialele care stau la baza producerii acestui tip de compost sunt paiele de cereale, care nu-şi găsesc utilizare în alte sectoare (creşterea animalelor, fabricarea hârtiei ş.a.).

Paiele se toacă mărunt, se amestecă cu vreji de leguminoase, sau se tratează cu urină, must de gunoi, sau îngrăşăminte chimice cu azot în echivalent de 0,1/1 kg N s.a./100 kg paie pentru a facilita procesele de descompunere. Paiele astfel pregătite se aşează pe platformă afânat în straturi cu lăţimea de 4-5 m şi înălţimea de 30-50 cm, după care se umectează cu cca. 70-100 l apă.

După aproximativ o săptămână când temperatura în masa de material a atins 60-70º C, se adaugă în condiţii similare un nou strat de paie şi se umectează, operaţiunea repetându-se până la finalizarea platformei cu o înălţime de 2,5-3 m. Platforma se va menţine umedă prin udări repetate şi se protejează lateral şi la partea superioară asemănător gunoiului de grajd.

Platforma se poate amenaja şi prin tasarea paielor de la început, celelalte condiţii menţinându-se, fapt ce va conduce la o fermentare anaerobă.

La alcătuirea platformei straturile de paie se pot alterna cu straturi subţiri de gunoi de grajd, sau pământ pentru a favoriza descompunerile.

Când materialul supus fermentării (paiele) este semides-compus plat-

forma se desface, se amestecă şi se reclădeşte din nou pentru finalizarea fermentării.

5.20.3. Compost din turbă

În vederea obţinerii acestui tip de compost se utilizează ca materie primă turba, singură sau în amestec cu pământ în raport de 5:1 care se aşează în straturi alternative, afânate. Pentru accelerarea fermentării cât şi pentru corectarea acidităţii se adaugă şi carbonat de calciu. De asemenea periodic se udă cu urină diluată. Fermentarea durează cca. 3-4 luni iar compostul rezultat se poate utiliza.

5.20.4. Compost din tescovină

În cadrul unei exploataţii viti-vinicole, în urma tescuirii strugurilor rezultă cantităţi mari de boştină, care după fermentare şi distilare constituie o materie ce poate fi transformată în compost.

Pentru aceasta boştina se aşează pe platforma de fermentare în straturi de 20-25 cm alternative cu straturi de pământ de 10-15 cm. Pentru îmbunătăţirea compostului obţinut se recomandă ca la fiecare tonă de material să se adauge 4-5 kg P_2O_5, 5-6 kg K_2O şi să se umecteze cu 250-400 l apă în care s-a dizolvat azotat de amoniu 3-5% şi $Ca(OH)_2$ 2-3%, DAVIDESCU şi DAVIDESCU 1992.

Fermentarea durează o perioadă de 4-5 luni pe parcursul căreia este recomandat ca platforma să fie desfăcută de 2-3 ori pentru amestecarea şi omogenizarea materialului supus fermentării.

5.20.5. Compost din coarde de viţă de vie

La cultura de viţă de vie prin tăierile anuale de fructificare şi de întreţinere care se efectuează rezultă o cantitate de cca. 2 t/ha de corzi. Acestea pot constitui o sursă pentru obţinerea de compost. Pentru aceasta însă este necesar ca ele să fie mărunţite cu mori speciale, după care se aşează în straturi de 20-30 cm grosime alternativ cu straturi de pământ de 10-15 cm şi se stropesc cu 250-300 l apă în care s-a adăugat 3-5% azotat de amoniu şi 2-3% $Ca(OH)_2$ pentru a favoriza procesele de fermentare. Se adaugă de asemenea îngrăşământ fosfatic şi potasic similar cu producerea compostului de tescovină.

Fermentarea durează 6-12 luni, perioadă pe parcursul căreia este necesar ca platforma să fie desfăcută pentru amestecarea materialului respectiv de câteva ori. De asemenea periodic se va umecta pentru a favoriza o fermentare preponderent aerobă.

5.21. Îngrăşămintele verzi

Îngrăşămintele verzi sunt reprezentate de culturi vegetale, în special leguminoase singure sau în amestec, cu perioadă relativ scurtă de vegetaţie

în care produc o masă vegetativă bogată ce va fi introdusă în sol cu scopul de a spori fertilitatea solului.

Această metodă găseşte aplicabilitate în zonele cu precipitaţii mai mari de 550 mm anual, iar în restul zonelor în condiţii de irigaţie. Avantajele acestei metode sunt multiple printre care: îmbogăţirea solului în materie organică, intensificarea activităţii microbiologică, sporirea rezervelor de azot asimilabil din sol, reţinerea elementelor nutritive în stratul superior al solului împiedicând astfel levigarea azotului, protejarea solului împotriva eroziunii ş.a.

Pentru realizarea de îngrăşăminte verzi se vor utiliza specii cu plasticitate ecologică mare, şi care să asigure o masă vegetativă mare într-un timp relativ scurt, cu un conţinut ridicat în elemente nutritive şi în special în azot; speciile recomandate pe zone agricole şi tipuri de sol sunt prezentate în tabelul 5.17.

Tabelul 5.17

Plantele utilizate ca îngrăşământ verde

Zona climatică agricolă	Soluri			
	nisipoase	lutose	argiloase	sărăturate
Foarte favorabilă	măzăriche păroasă, lupin galben, seradela, sulfină albă, trifoi încarnat	hrişcă, lupin albastru, lupin alb, lupin galben, lupin peren,	bob mărunt, măzăriche comună, lupin albastru, lupin alb, lupin peren, rapiţă colza, trifoi mărunt,	-
Favorabilă	lupin galben, sulfină albă	floarea soarelui, lintea pra-tului, muştar, rapiţă	lintea pratului, mazăre, rapiţă	lupin roşu, lupin alb, floarea soarelui, sulfină
În regim irigat	măzăriche păroasă, trifoi încarnat	lintea pratului, sulfină	fasolică, lintea pratului, măzăriche	

Aceste plante recomandate pentru producerea de îngrăşământ verde se pot cultiva singure sau în diferite amestecuri, existând mai multe procedee de folosire. Se pot realiza astfel culturi pure, culturi ascunse, culturi duble ş.a.

Pentru a realiza o masă vegetativă bogată înainte de înfiinţarea culturilor respective se aplică o fertilizare cu gunoi de grajd (8-10 t/ha), îngrăşăminte cu fosfor 60-80 kg/ha s.a. şi potasiu 40-60 kg/ha s.a. De asemenea acolo unde este nevoie se va interveni cu udări de răsărire sau în perioada de vegetaţie.

În vederea încorporării în sol, masa vegetativă este tăvălugită şi discuită pentru fragmentare după care urmează arătura de încorporare la o adâncime de 18-20 cm.

Întrebări

23. Care este conţinutul în elemente nutritive a gunoiului de grajd ?
24. Ce cantitate de îngrăşăminte se va aplica pentru fertilizarea unei

plantaţii de măr pentru asigurarea necesarului de 135 kg/ha N, 110 ka/ha P_2O_5 şi 95 kg/ha K_2O având în vedere faptul că solul conţine 18 ppm P şi 65 ppm K. Avem la dispoziţie îngrăşămintele nitrocalcar, superfosfat simplu şi sare potasică.

25. Ce cantitate de elemente nutritive (N, P, K) avem într-o platformă de gunoi de grajd cu următoarele dimensiuni: L = 8 m, l = 4 m şi h = 1,8 m.
26. În cazul unei grădini de legume s-au aplicat 40 t/ha gunoi de grajd. Ce cantitate de uree, superfosfat concentrat şi sare potasică se va aplica pentru a asigura necesarul unei culturi de pătlăgele vinete care se ridică la 120 kg/ha N, 95 kg/ha P_2O_5 şi 80 kg/ha K_2O.
27. Care sunt avantajele composturilor în cultura plantelor horticole?

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 12

CONTROLUL STĂRII DE FERTILITATE A SOLURILOR PRIN METODE AGROCHIMICE (I)

Cuvinte cheie: sol, fertilitate, control, probe de sol, analize agrochimice

Rezumat: Fertilitatea este însușirea fundamentală a solului care stă la baza realizării producției agricole vegetale .

Prin luarea în cultură a terenurilor agricole omul intervine în dinamica stării de fertilitate prin tehnologiile de cultură, structura și asolamentele plantelor cultivate, fertilizare și amendare, alte elemente de tehnologie.

Sunt prezentate în continuare noţiuni generale despre metodele de evaluare și control a stării de fertilitate a solului.

Fertilitatea este o însuşire fundamentală a solului pentru realizarea producţiei agricole, gradul de aprovizionare a solului în elemente nutritive constituind o caracteristică esenţială a acestei însuşiri.

Un obiectiv esenţial al agrochimiei ca ştiinţă aplicativă este cunoaşterea potenţialului de fertilitate şi dirijarea fertilităţii solului în sensul optimizării relaţiilor sol - plantă prin intermediul lucrărilor de chimizare (amendare şi fertilizare) pentru realizarea de producţii agricole ridicate şi stabile.

Necesitatea testării stării de fertilitate prin analiza chimică a solului a atras atenţia încă din secolul al XIX-lea şi de problematica respectivă s-au ocupat un număr mare de chimişti şi agrochimişti, Liebig fiind în acest sens un promotor al analizei chimice a solului sultivat.

La începutul perioadei de interes pentru cunoaşterea stării de calitate culturală a solului, inclusiv în primele secole ale evului mediu, fertilitatea se aprecia empiric sau prin raţionamente simple bazate pe cantitatea recoltelor obţinute pe o anumită suprafaţă a terenurilor cultivate.

Contribuţii însemnate la analiza chimică a solului au avut Palissy (1563) care pune la baza fertilităţii solului gunoiul animalier, Bacon (1561-1626) care caută principii ştiinţifice de studiu a fertilităţii solurilor, Liebig (1840, 1843) cu contribuţii însemnate capitale privind nutriţia minerală şi legea minimului, apoi Molisch (1883), W. Dyer (1984), Hilgard (1911), Burd (1918) ş.a., (citaţi de Davidescu şi Velicica Davidescu 1972, Rusu şi col. 2005).

Prin fondarea Laboratorului de Chimia solului la Giesen – Germania şi

a unei Staţiuni Experimentale la Leipzig, se poate aprecia că Liebig a fost unul din fondatorii studiului şi controlului fertilităţii solurilor, (Rusu şi col. 2005).

Starea de fertilitate a solurilor se controlează şi evaluează printr-un sistem unitar de metode grupate convenţional în următoarele tipuri:

- analiza agrochimică a solului;
- analiza chimică a plantei (diagnoza foliară);
- experienţe pe vase de vegetaţie şi în câmp;
- curbe de răspuns şi modele matematice care definesc relaţia între biomasa obţinută şi cantitatea de elemente nutritive din sol şi fertilizanţi;
- cartarea agrochimică

Aceste metode pot furniza independent date şi informaţii privind starea de fertilitate a solului şi nutriţia plantelor dar în acelaşi timp se pot completa pentru a surprinde mult mai complex problematica fertilităţii solului, a nutriţiei plantelor în vederea dirijării relaţiilor sol-plantă prin sistemul de fertilizare.

6.1. Controlul stării de fertilitate prin analiza agrochimică a solului

Prin analizele de sol se determină în mod curent *p*H-ul, conţinutul în humus, conţinutul în macro şi microelemente, de asemenea alţi indicatori de caracterizare agrochimică a solului pentru aprecierea stării de fertilitate şi stabilirea (elaborarea) celor mai eficiente sisteme de chimizare (amendare şi fertilizare) a solului pentru susţinerea de producţii agricole ridicate, de calitate şi în contextul protejării mediului.

Metodele de testare a solului prin analize agrochimice constituie un mijloc aficace de evaluare a stării de fertilitate şi urmăreşte să stabilească:

- aprecierea stării de reacţie a solului măsurile ameliorative pentru corectarea *p*H-ului funcţie de starea de aciditate sau alcalinitate determinate;
- potenţialul solului în elemente nutritive uşor accesibile plantelor cultivate;
- elaborarea unor sisteme de fertilizare echilibrate şi adecvate condiţiilor concrete ale solurilor şi plantelor cultivate pentru obţinerea de recolte ridicate şi de calitate.

În general problemele de testare a stării de stării de fertilitate a solului se referă la trei aspecte ce trebuiesc avute în vedere:

- ✓
- ✓ *probleme de analiză chimică* ce vizează aspecte privind recoltarea probelor, pregătirea pentru analiză şi stabilirea celei mai adecvate metode de analiză chimică;
- ✓ *probleme de interpretare* cu aspecte privind limitele de caracterizare şi metodele de corelare şi etalonare şi în acelaşi timp recomandările pentru sectorul productiv;
- ✓ *probleme organizatorice* privind funcţionalitatea laboratoarelor şi a serviciilor de consultanţă agricolă.

Probleme analitice. Numărul foarte mare de metode chimice de analiză a solului elaborate de-a lungul timpului şi faptul că astăzi încă se mai caută noi metode şi se îmbunătăţesc cele existente ne arată cât de dificilă este această problemă.

Au existat diverse opinii privind analizele chimice ale solului şi problematica acestora. Astfel Bergman (1969) aprecia că „nu trebuie să pretindem de la analiza solului mai mult decât poate da", iar Mayer (1927, 1930) şi Rippel (1930) considerau că „pentru determinarea necesarului de îngrăşăminte numai acea metodă analitică este bună care, pe lângă stabilirea cantităţilor disponibile din sol determină şi valoarea maximă a recoltei ce se poate obţine".

Metodele de analiză chimică a solului utilizate trebuie să fie pe cât posibil:

- cât mai simple, având în vedere numărul mare de probe de sol ce trebuiesc analizate pentru caracterizarea unui teritoriu;
- unşor aplicabile, în sensul transpunerii rezultatelor în practică;
- economice, cu costuri reduse de realizare.

De mare importanţă este de asemenea modul de ridicare a probelor de sol, cât de reprezentative sunt acestea pentru terenurile agricole, cât şi modul de pregătire şi conservare a lor.

Unele determinări chimice se fac pe probe proaspete altele pe probe uscate fapt ce poate genera anumite variaţii în rezultatele obţinute datorită faptului că prin uscarea solului se produc modificări ce afectează rezultatele cantitative pentru unele substanţe: NO_3^-, NH_4^+, $H_2PO_4^-$ ş.a., prin urmare şi caracterizarea stării de aprovizionare a plantelor cu aceste elemente nutritive, respectiv recomandările practice de fertilizare.

Accesibile plantelor efectiv sunt doar elementele aflate în formă de ioni în soluţia solului, ioni care au o mişcare limitată în cadrul unui spaţiu tridimensional restâns, putându-se deplasa prin difuziune sau prin scurgere spre perişorii radiculari.

Pentru definirea acestor forme ale elementelor nutritive se utilizează anumiţi termeni consacraţi în metodologia de laborator, precum forme mobile sau formele accesibile ale nutrienţilor care reprezintă cantitatea sau cuantumul cantitativ dintr-un element susceptibil de a fi absorbit de plante, Black 1992, 2000 (citat de RUSU şi col. 2005).

Mobilitatea sau accesibilitatea unui element nutritiv nu este o mărime standard, consacrată cantitativ ci trebuie privită în contextul convenţional al extractantului analitic şi a metodei de dozare, metodele analitice pentru sol având în acest sens o serie de aspecte specifice.

Pentru examinarea elementelor nutritive uşor accesibile plantelor trebuie aleasă o metodă de extracţie potrivită în raport cu elementul sau însuşirea agrochimică ce dorim să o punem în evidenţă prin prisma unor indicatori specifici, tabelul 6.1.

Extractanţii utilizaţi pentru determinarea elementelor nutritive pot avea un spectru larg, sau dimpotrivă unul restrâns pentru o singură specie de ioni nutritivi. Dozarea elementelor extrase prin solvenţi specifici se face prin metode fizico-chimice consacrate – potenţiometric, gravimetric, volumetric (titrimetric), colorimetric, fotometric şi prin spectrofotometrie cu absorbţie atomică.

Tabelul 6.1

Metode de extracţie a elementelor nutritive (RUSU şi col. 2005)

Nr. Crt.	Extractantul	Elementul (ionii extraşi), determinarea analitică
1	Apă bidistilată	*p*H, NO_3^-, NH_4^+ în sere şi solarii, B hidrosolubil, Mn solubil în apă, cationii determinaţi în extract apos (pentru solurile alcaline)
2	Soluţii diluate ale unor săruri	capacitatea totală de schimb cationic (CEC, CTSC, T) prin percolare cu soluţii de acetat de amoniu 1N (ăn care se dozează Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^{2+}) Mg în $CaCl_2$ 0,025 M (după Schachtschabel)
3	Acizi anorganici diluaţi	P – solubil în H_2SO_4 0,02N + $(NH_4)_2SO_4$, la *p*H 3,0 (după Troug) K – schimbabil (potenţial accesibil) cu HCl 0,1N sau 0,2N K – schimbabil în soluţie 0,4N de NH_4Cl sau $CaCl_2$ 0,01N Cu – accesibil, în HNO_3 0,43N (după Westerhoff) sau în HCl 0,1N (valabilă şi pentru extracţia Zn)
4	Acizi organici diluaţi	P – mobil (accesibil), solubil în acid citric 1% (după Arrhenius) P – solubil (accesibil), solubil în acetat de sodiu + acid acetic P şi K în forme accesibile, solubile în lactat de Ca 0,02M şi HCl la *p*H 3,6 sau în acetat lactatat de amoniu, la *p*H 3,7 (după Egner- Riehm-Domingo) (metoda AL) P şi K în forme accesibile şi solubile în soluţii de lactat de Ca 0,01M + acetat de Ca 0,01M (metoda CaL)
5	Soluţii alcaline	P accesibil în soluri cu $CaCO_3$ liber, prin solubilizare în soluţie 0,5M de $NaHCO_3$ (metoda Olsen)
6	Soluţii cu agenţi reducători	Mn activ, solubil în $MgSO_4$ 1N + sulfit de sodiu (Na_2SO_3) ca agent reducător (după Schachtschabel) sau $NaHSO_3$ (după Leeper)
7	Soluţii cu complexoni	Zn – solubil în carbonat de amoniu + EDTA, la *p*H 8,6 (după Trierweiler – Lindsay) Cu – accesibil, solubil în Na_2EDTA 0,05M (după Mitchel)

Conţinutul formelor mobile, accesibile plantelor sau biodisponibile, se exprimă în ppm (mg/1 kg sol) sau în mg/100 g sol, element sau oxid, existând în acest sens posibilitatea de conversie dintr-o formă în alta funcţie de modul de prelucrare ulterioară şi interpretare a rezultatelor.

Ulterior, pe baza indicilor simpli determinaţi se calculează indici agrochimici cu caracter sintetic (I_N, V_{Ah}%, T, PSA, IPC, ş.a.), care exprimă starea agrochimică (contextul general agrochimic) în care se află elementul determinat.

Pe baza valorilor cantitative determinate, se calculează aportul solului în diferite elemente nutritive şi disponibilitatea acestora iar prin diferite metode de calcul se pot determina ulterior dozele de amendamente sau de îngrăşăminte (optime tehnic şi economic) cel puţnin ca diferenţă între necesarul plantelor şi aprovizionarea solului.

Probleme de interpretare a rezultatelor. Inerpretarea rezultatelor din buletinul de analiză este o operaţie complexă, problemele de interpretare a analizelor a analizelor chimice de sol referindu-se în general la următoarele aspecte:

- stabilirea parametrilor de interpretare (sol, condiţii climatice, sistemul de cultură – irigat sau neirigat, gradul de reacţie la îngrăşăminte ş.a.)
- gruparea solurilor pe clase de fertilitate;
- stabilirea corelaţiilor dintre creşterea şi dezvoltarea plantelor, compoziţia chimică a acestora, nivelu de aprovizionare a unui element nutritiv;
- stabilirea sortimentelor şi a dozelor de îngrăşăminte în corelaţie cu necesarul plantelor şi gradul de asigurare a solului, în contextul condiţiilor pedoclimatice concrete în care se va desfăşura procesul de nutriţie în condiţiile nou create după lucrările de chimizare.

Pe baza rezultatelor obţinute din analizele chimice ale solului se pot stabili serii de variaţii privind cantităţile elementelor nutritive ce se vor aplica. Pentru a găsi soluţia cu efectul cel mai bun trebuiesc luate în calcul condiţiile date în care va funcţiona sistemul agricol respectiv, coroborarea acestor soluţii cu rezultate obţinute în câmpuri experimentale fiind benefică.

Pentru stabilirea dozelor optime tehnic sau economic pot fi utilizate formule de calcul cu grad diferit de cuprindere şi complexitate, dar utilizarea tehnicii de calcul moderne cu soft-uri specializate este soluţia cea mai bună întrucât prin utilizarea unor baze de date complexe se pot face corelaţii multiple, paleta de soluţii găsită este mult mai mare iar soluţia optimă mult mai uşor de identificat.

De asemenea un serviciu de consultanţă agricolă de specialitate este în multe situaţii necesar ca urmare a nivelului scăzut de cunoştinţe profesionale a multor agricultori.

Controlul agrochimic poate fi efectuat de unităţi de specialitate cu personal calificat şi aparatură performantă pentru a acoperi toate etapele procesului de investigaţie agrochimică şi de formulare a recomandărilor practice.

6.2. Controlul stării de fertilitate prin analiza plantei

În contextul conceptului general de producţie integrată face parte şi analiza chimică a plantei ca metodă de cunoaştere a gradului de aprovizionare şi nutriţie a plantelor cu elemente nutritive în vederea realizării unei producţii ridicate de biomasă.

O lungă perioadă de timp diagnoza stării de nutriţie s-a bazat pe simptome exterioare, vizibile, ulterior pe determinarea unor limite extreme de carenţă s-au exces. În prezent controlul stări de nutriţie prin analiza chimică a plantei permite asigurare anecesarului de elemente nutritive pe etape şi fenofaze de vegetaţie, în dinamica creşterii şi dezvoltării plantelor ceea ce conduce la optimizarea sistemului de fertilizare şi a sistemului de producţie agricolă în ansamblu.

În vederea extrapolării analizelor de plantă, a elaborării curbelor de

producţie şi a formulării soluţiilor tehnice de remediere a deficitului de nutriţie au fost trasate diagramele de dependenţă dintre recolte şi conţinutul elementelor nutritive în plante.

6.2.1. Evaluarea stării de nutriţie a plantelor pe seama unor simptome exterioare

Acest procedeu este considerat astăzi ca o metodă primară şi subiectivă de apreciere.

Se bazează pe recunoaşterea stărilor de carenţă şi toxicitate la plante pe baza unor simptome exterioare specifice fiecărui element şi a modului de manifestare la fiecare specie de plante.

Pe această cale pot fi făcute aprecieri privind: raportul dintre sistemul radicular şi partea aeriană, poziţia pe plantă a frunzelor şi a altor organe cu simptome vizibile, poziţia fructelor faţă de axul vertical, culoarea frunzelor faţă de culoarea verde care indică starea normală de nutriţie, în tabelul 6.2. fiind redate simptome aferente diferitelor elemente nutritive care se află în deficit faţă de starea normală.

Tabelul 6.2

Semne exterioare ale insuficienţei unor nutrienţi la plantele de cultură
(după diferiţi autori, citaţi de RUSU şi col. 2005)

Elementul	Modul de creştere şi dezvoltare a plantelor	Culoarea frunzelor	Alte semne	Organele plantei unde apar simptome, fază de vegetaţie
0	1	2	3	4
Azot	Tulpini şi lăstari scurţi, frunze mici; la graminee înfrăţire slabă; la pomi înflorire slabă; formare slabă a rădăcinilor adventive	Verde deschis clorotică, mai târziu se îngălbenesc; pe frunzele de varză, pomi şi arbuşti fructiferi apar nuanţe portocalii, roşietice	Căderea timpurie a frunze-lor; lăstarii secundari şi frunzele iar poziţie verticală; puternic colorate	Pe frunzele bătrâne inferioare dar şi pe cele tinere
Fosfor	Creştere accelerată, rădăcini adventive slabe	Verde-albăstrui roşietic; nuanţe roşiatice (purpurii la crucifere); frunzele ce se usucă au culoare închisă, aproape neagră	Mărime redusă a fructelor (la pomii fructiferi), cădere timpurie a frunzelor, îngroşarea pereţilor celulari	Pe frunzele mature de la partea inferiară a plantei

Potasiu	Creştere slabă internodii scurte, înfrăţire slabă, număr redus de fraţi, ţesuturi de susţinere slabe	Albăstrui-verde închis cu albire şi apoi uscare p emergini a frunzelor; arderea marginală a frunzelor, îngălbenire, brunificare şi moartea ţesuturilor	Creştere neuniformă a limbului frunzelor, nervuri înfundate în ţesutul frun-zelor, coacere neuniformă a fructelor, frunzele par ofilite deşi au apă	Pe frunzele mature la mijlocul perioadei de vegetaţie
Magneziu	Întârzierea fazelor de dezvoltare	Cloroză pe margini şi conturul limbului, cu dungi –nervuri verzi încă, cloroză marmorată (gulie, ridichi)	Coacerea incompletă a fructelor; încreţirea şi răsucirea marginii la frunze (tutun), fragilitatea frunzelor (cartof)	Pe frunzele mature cu înaintare spre vârf, simptome apar în fazel emai târzii
Calciu	Vătămarea şi pierirea mugurilor şi rodocinilor terminale; formarea rozetelor la frunze	Cloroză, dungi albe pe margini, aspect marmorat al alte specii	Răsucirea marginilor frunzelor în sus (la sfeclă, cartof), marginile frunze-lor nu sunt drepte, pierderae turgescenţei tuberculilor	Pe frunzele şi organele mai tinere ale plantelor
Sulf	Creştere încetinită în grosime a tulpinii	Colorare verde-gălbui a frunzelor, uneori şi a nervurilor	Se aseamănă cu cele ale N-ului, inclusiv nodozităţi slab formate	Pe frunzele şi organele mai tinere al eplantelor
Fier	Încetinirea creşterii	Cloroză neuniformă între nervuri, culoare verde-deschis a frunzelor	Fructe puternic colorate, pieirea ramurilor (la pomi) şi a butucilor la (viţa de vie) când lipsa Fe-ului este accentuată	Pe frunzele şi organele mai tinere ale plantelor
Mangan	Poziţia verticală a lăstarilor şi frunzelor	Cloroză între nervuri; nervurile frunzelor rămân verzi; frunza apare pestriţă; la ovăz – nuanţe cenuşii şi cafenii pe frunze; culoare roşie-ştearsă la frunzele de sfeclă	Distrugerea ţesutului frunzei; poziţie verticală a frunzelor şi lăstarilor secundari; formă triunghiulară şi răsucirea frunzelor la sfeclă	Pe organele mai tinere ale plantei; în primul rând la baza frunzei
Cupru	Creştere slabă, oprirea din creştere; scurtarea internodiilor, frunze mici dispuse în rozetă, fructe mici	Cloroză, albirea vârfului frunzelor, îngălbenirea sau pătarea frunzelor (cloroză) ce cuprinde uneori şi nervurile; apariţia nuanţelor de bronz, dungi albe la frunzele de porumb	Pierderea turgescenţei frunzelor şi tulpinilor tine-re; frunze îngroşate (la tutun), la pomi mai puternic exprimate primăvara	Pe organel emai tinere ale plantelor

Bor	Pieirea mugurilor termi-nali, dezvoltarea intensivă a ăstarilor laterali – plantele iar aspect de tufă; zbârcirea frunzelor, înflorire, fructificare slabă, frunze dispuse în rozetă	Îngălbenirea organelor vegetative, mai ales a celor tinere; căderea frunzelor şi fructelor; suberificarea şesuturilor, deformarea şi căderea fructelor	Tulpini şi rădăcini goale; putrezirea rădăcinii (la sfeclă), vătămarea fructelor (tomate) dezvoltarea slabă a inflorescenţei (la conopidă)	Pe frunze şi organe tinere
Zinc	Creştere slabă, piticirea plantelor	Clorozare în dungi (benzi) albicioase (la porumb), a spaţiului dintre nervuri (leguminoase)	Creştere şi înflorire târzie; frunze cu margini şi neregulate la viţa de vie; frunze mici în rozete la pomii fructiferi	Pe frunze şi organe tinere
Molibden	Limitează creştere-rea şi dezvoltarea plantelor, a nodozităţilor la legumi-noase	Deformarea frunzelor (la crucifere), culoarea devine verde-deschis la albastru-verzui	La cereale şi floa-rea-soarelui apar simptomele toxicităţii nitrice	Pe frunze şi organe tinere

Acest mod de apreciere a stării de nutriţie prezintă o serie de dezavantaje ca urmare a faptului că momentul în care se manifestă vizibil insuficienţa sau carenţa de nutriţie în unul sau mai multe elemente nutritive este de cele mai multe ori tardiv pentru o recuperare completă a culturii sub aspectul redresări nutriţiei, efectele fiind deja resimţite în cantitatea şi calitatea recoltelor.

Sunt situaţii în care unele simptome au cauze asociate: deficitul mai multor elemente nutritive faţă de necesarul plantelor uneori pe fondul unor condiţii nefavorabile de vegetaţie.

Ca urmare a existenţei unor similitudini în manifestarea carenţelor generate de elementele nutritive cât şi datorită diversităţii mari privind organul vegetal la care apar, pentru identificarea elementului determinant şi încadrarea corectă a deficienţelor pe baze simptomatice, au fost propuse o serie de criterii, reguli, corelaţii şi chiar chei de identificare a dereglărilor de nutriţie, Rusu şi col. 2005.

6.2.2. Evaluarea stării de nutriţie a plantelor prin diagnoza foliară

Evaluarea stării de nutriţie a plantelor prin această metodă se realizează prin analize chimice ale unor organe vegetative reprezentative funcţie de specie şi faza de vegetaţie (de obicei frunze, dar şi peţioli, lăstari tineri sau ramuri de 1 an).

Această metodă de analiză şi investigaţie privind starea de nutriţie a culturilor are ca scop:

- determinarea stării de aprovizionare cu macro- şi microelemente la plantele de cultură,
- confirmarea stărilor de deficienţă identificate pe seama unor manifestări simptomatice,
- prevenirea unor dereglări de nutriţie
- corelarea datelor provenite din analizele de sol privind gradul de

asigurare a plantelor cu elemente nutritive şi starea de nutriţie a plantelor.

Ca urmare a faptului că frunzele sunt organele active centrale ale metabolismului, s-a generalizat utilizarea acestora pentru analiza chimică a plantelor (diagnoza foliară) în vederea stabilirii stării de nutriţie, dar pot fi utilizate şi alte organe funcţie de specie, cel mai sensibil la factorii de nutriţie şi la ceilalţi factori care concură la realizarea recoltei, tabelul 6.3

Tabelul 6. 3

Organele de referinţă reprezentative pentru diagnoza stării de aprovizionare cu elemente nutritive prin analiza chimică a plantei (Davidescu şi col. 1981)

Peţiol	Limb	Nervuri sau cârcei	Tulpini erbacee sau ramuri până la un an
Anghinare Cartof Castraveţi Mazăre Morcov Pepene Sfeclă Tomate Ţelină Viţă de vie Zmeur	Coacăz Castraveţi Cartof Ceapă Frag Grîu Lucernă Morcov Măr Orz Orez Piersic Porumb Prun Soia Sfeclă Tomate Viţă de vie Zmeur	Ceapă Cicoare Dovleac (cârcei) Porumb Pepeni (cârcei) Salată Varză Viţă de vie (cârcei)	Cartof Lucernă Măr Porumb Piersic Păr Prun

se apreciază că analiza altor organe pot furniza informaţii despre stări trecute (organele mature, lignificate, îmbătrânite ş.a.) sau viitoare (fructele în formare), Spencer şi Chan 1981, Rayment 1983, Atkinson şi col. 1980, Randall şi col. 1980 (citaţi de Rusu şi col. 2005).

Un alt aspect în metodologia de analiză chimică a plantei îl reprezintă poziţia pe plantă a organului de referinţă ce urmează a fi analizat şi vârsta, respectiv epoca de prelevare a probei.

Cu privire la poziţia pe plantă a organelor ce vor fi recoltate ca probe, există diferenţe semnificative între conţinutul în elemente nutritive. Spre exemplu la castraveţii de seră există variaţii destul de mari între con-ţinutul în azot şi fosfor funcţie de etajul de la care se ridică proba, tab. 6.4.

Tabelul 6.4

Conţinutul de elemente nutritive
funcţie de poziţia pe plantă afrunzelor analizate (Davidescu şi col. 1981)

Poziţia frunzelor analizate	Conţinutul %	
	N	P_2O_5
Etajul I	4,14	1,07
Etajul II	6,9	2,94

Se recomandă ca frunzele recoltate pentru analize chimice să fie de curând ajunse la maturitate, poziţia lor pe plantă fiind legată de circulaţia produselor de fotosinteză în raport cu vârsta, cele mai recomandate fiind cele plasate în imediata vecinătate a organelor de reproducere.

La viţa de vie se vor recolta frunzele ajunse la maturitate, plasate pe coardă opus sau în imediata vecinătate a inflorescenţei sau strugurelui. La pomii fructiferi se recomandă analiza lăstarilor tineri (ramuri de un an) recoltarea lor făcându-se la toţi pomii de pe aceeaşi parte a coroanei şi de la aceeaşi înălţime faţă de sol.

Analiza chimică a plantei se face diferenţiat funcţie de metodele de analiză şi de scopul urmărit, fig. 6.1.

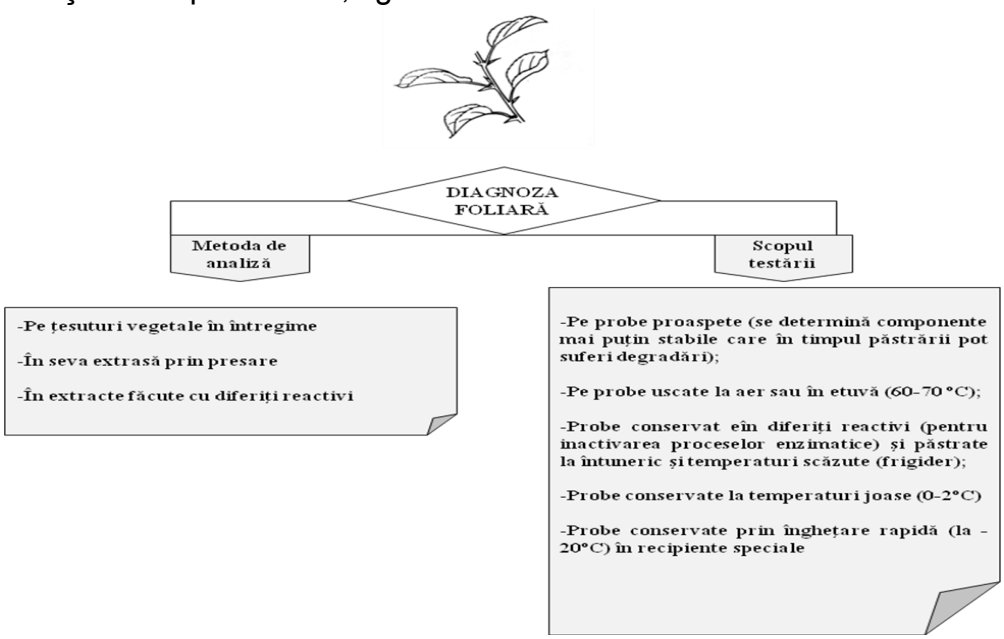

DIAGNOZA FOLIARĂ
Metoda de analiză
Scopul testării
-Pe țesuturi vegetale în întregime
-În seva extrasă prin presare
-În extracte făcute cu diferiți reactivi
-Pe probe proaspete (se determină componente mai puțin stabile care în timpul păstrării pot suferi degradări);
-Pe probe uscate la aer sau în etuvă (60-70 °C);
-Probe conservat eîn diferiți reactivi (pentru inactivarea proceselor enzimatice) și păstrate la întuneric și temperaturi scăzute (frigider);
-Probe conservate la temperaturi joase (0-2°C)
-Probe conservate prin înghețare rapidă (la -20°C) în recipiente speciale

Fig. 6.1. Tipuri de determinări în diagnoza foliară
funcţie de metoda de analiză şi scopul urmărit.

Pentru interpretarea corectă a stării de nutriţie a plantelor pe seama diagnozei foliare se procedează la compararea şi raportarea concentraţiilor determinate în urma analizelor cu valori standard, de referinţă, care definesc sau caracerizează stări normale de nutriţie, tabelele 6.5, 6.6, 6.7.

Tabelul 6.5

Niveluri normale ale conţinutului de elemente nutritive în plante
(după Fink 1968, citat de DAVIDESCU şi col. 1981)

Elemen-tul	Planta	Organul sau fenofaza	Conţinut % din substanţa uscată		
			Carenţă	Optim	Toxicitate
0	1	2	3	4	5
Azot	Cereale	Parte aeriană după înflorit	< 1	2-4	> 4
	Sfeclă de zahăr	Mijlocul frunzei deplin formate	< 1	2-6	> 6
	Ierburi	Partea aeriană, începutul înfloritului		2,5-3,5	> 6
Fosfor	Cereale	Idem N	< 0,1	0,3-0,6	
	Sfeclă de zahăr	Idem N		0,3-0,6	> 1
	Ierburi	Idem N	< 0,2	0,35-0,8	
Potasiu	Cereale	Idem N	< 1,2	2-4	> 5
	Sfeclă de zahăr	Idem N	< 0,5	2-6	
	Ierburi	Idem N	< 1,2	2-4	
Sulf	Cereale	Idem N	< 0,15	0,2-0,4	
	Lucernă	Parte aeriană la înflorit	< 0,15	0,25-0,4	
	Sfeclă de zahăr	Idem N		0,1-0,8	
	Rapiţă	Frunze		0,4-0,8	
	Ierburi	Idem N		0,2-0,4	
Calciu	Cereale	Idem N	< 1,5	1-4	
	Lucernă	Idem N		2-5	
	Ierburi	Idem N		0,6-2	
Magneziu	Cereale	Idem N	< 0,1	0,2-0,8	> 2
	Sfeclă de zahăr	Idem N	< 0,2	0,2-2	
	Cartof	Frunze mature la înflorit	< 0,2	0,4-1,5	
	Ierburi	Idem N	< 0,1	0,2-0,6	
Fier (ppm)	Cereale	Idem N		50-200	
	Lucernă	Idem N		40-200	
	Ierburi	Idem N		4-80	
Mangan (ppm)	Ovăz	Partea aeriană	< 20	40-200	> 200
	Sfeclă de zahăr	Idem N	< 30	40-200	
	Lucernă	Idem N	< 20	40-200	
	Ierburi	Idem N	< 20	80-200	
Cupru (ppm)	Ovăz	Frunze adulte	< 3	7-12	
	Trifoi	Frunze tinere	< 3	8-15	
	Lucernă	Idem N		10-25	
	Ierburi	Idem N	< 4	5-15	> 100
Zinc (ppm)	Ovăz	Frunze adulte	< 15	30-90	> 300
	Sfeclă de zahăr	Idem N	< 10	20-80	
	Lucernă	Idem N	< 10	20-80	
	Cartof	Frunze la început de	< 15	30-150	

		înflorire			
	Ierburi	Idem N		30-90	
Bor (ppm)	Grâu	Parte aeriană	< 2	5-30	> 100
	Sfeclă de zahăr	Idem N	< 20	30-100	> 300
	Lucernă	Idem N	< 20	30-100	> 200
	Ierburi	Idem N		5-20	
0	1	2	3	4	5
Molibden (ppm)	Secară	Parte aeriană	< 0,15	0,3-5	
	Sfeclă de zahăr	Idem N	< 0,15	0,3-20	
	Trifoi	Idem N	< 0,2	0,5-20	
	Ierburi	Idem N	< 0,15	0,5-4	> 15

Tabelul 6. 6

Limitele intervalului optim pentru conţinuturile elementelor nutritive la viţa de vie (după LIXANDRU şi col. 1990, citat de Rusu şi col. 2005)

Elementul	Limite	Sumă şi raport	Limite	Sumă şi raport	Limite
N	2,12-2,46	N+P+K	3,92-4,54	K+Ca+Mg	4,23-4,44
P	0,17-0,19	cu: N%	50,08-58,20	cu: K5	35,63-41,39
K	1,63-1,89	P%	3,94-4,56	Ca%	52,03-60,45
Ca	2,38-2,76	K%	38,49-44,73	Mg%	4,86-5,64
Mg	0,22-0,26	-	-	-	-

Tabelul 6.7

Valori ale conţinuturilor normale pentru diagnoza foliară la specii pomicole (după Kenworthy 1961, citat de Rusu şi col. 2005)

Elementul	Măr	Piersic	Cireş
N%	2,33	3,83	2,95
P%	0,23	0,26	0,25
K%	1,53	1,68	1,67
Ca%	1,40	2,12	2,09
Mg%	1,41	0,67	0,68
Fe – ppm	220	166	203
Mn – ppm	98	151	150
Cu – ppm	23	18	57
B - ppm	42	48	50

Sunt cunoscute o serie de relaţii antagonice între ionii nutrivi din sol ceea ce face ca prezenţa în exces a unui element să determine diminuarea mobilităţii/disponibilităţii altui element chiar dacă acesta se află în sol în cantitate suficientă faţă de necesarul plantelor, fapt ce va conduce la deficienţe de nutriţie pentru elementul respectiv.

Este interesant să putem face o prognoză a dezechilibrelor de nutriţie iar pentru aceasta prezintă interes valoarea rapoartelor concentraţiilor elementelor antagonice sau sinergice implicate în nutriţia plantelor [K/Ca, K/Mg, K/Ca + Mg, Fe/Ca, N(P+K) ş.a.].

Aceste rapoarte, cunoscând conţinutul în sol a elementelor implicate, pot constitui indicatori ai stării de fertilitate dar şi ai potenţialelor stări de carenţă, facilitând astfel luarea unor măsuri preventive de echilibrare a stării de nutriţia plantelor, tabelul 6.8

Cazuri particulare ale diagnozei foliare prin analize chimice sunt reprezentate de testele colorimetrice ale nervurii mediane la unele specii de plante cultivate (porumb, salată, varză), testul colorimetric al peţiolului (castraveţi, morcovi, mazăre, sfeclă, ţelină, tomate, cartof, viţă de vie), analiza lichidului colectat la „plânsul viţei de vie", teste care evidenţiază în special gradul de asigurare cu azot nitric ($N\text{-}NO_3^-$) a plantelor respective.

Tabelul 6.6

Probabilitatea apariţiei carenţei de K şi Mg la viţa de vie şi pomii fructiferi funcţie de rapoartele elementelor (după LIXANDRU şi col. 1990)

Rapoartul K/Mg	Probabilitatea carenţei
< 1,5	Carenţă de potasiu
1,5-2,0	Insuficienţă de potasiu
2,1-10,0	Nutriţie echilibrată de K şi Mg
10,1-20,0	Insufici enţă de magneziu
> 20,1	Carenţă de magneziu

Un alt caz particular îl reprezintă determinările pentru prognoza excesului nitric, inclusiv a intoxicării nitrice a plantelor ca urmare a acumulării excesive de nitraţi în frunze pe fondul unor dezechilibre de nutriţie.

Siguranţa şi precizia măsurilor elaborate pe baza diagnozei foliare pentru corectarea stării de nutriţie a plantelor cultivate, cresc dacă aceste determinări sunt coroborate în interpretare corelat cu alte condiţii şi factori care pot influenţa starea de nutriţie identificată.

Întrebări

1. Ce este fertilitatea solului și care este importanța ei pentru productivitatea ecosistemelor agricole?
2. Care sunt indicii agrochimici ai fertilității?
3. Care sunt metodele de evaluare a fertilității solului?
4. Care sunt etapele Cartării agrochimice?
5. Ce avantaje prezintă diagnoza foliară în dirijarea nutriției plantelor?

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 13

CONTROLUL STĂRII DE FERTILITATE A SOLURILOR PRIN METODE AGROCHIMICE (II)

Cuvinte cheie: sol, fertilitate, control, probe de sol, experiențe cu îngrășăminte, cartare agrochimică

Rezumat: Fertilitatea este însușirea fundamentală a solului care stă la baza realizării producției agricole vegetale .

Prin luarea în cultură a terenurilor agricole omul intervine în dinamica stării de fertilitate prin tehnologiile de cultură, structura și asolamentele plantelor cultivate, fertilizare și amendare, alte elemente de tehnologie.

Sunt prezentate în continuare noţiuni generale despre metodele de evaluare și control a stării de fertilitate a solului.

6.3. Controlul stării de fertilitate prin experienţe cu îngrăşăminte

Experienţele cu amendamente şi îngrăşăminte în scopul testării nivelului de fertilitate, a stării de aprovizionare a solului cu elemente nutritive şi a elaborării unor sisteme de fertilizare optimizate, se pot organiza în vase de vegetaţie şi în condiţii de câmp.

6.3.1. Experienţe cu îngrăşăminte în vase de vegetaţie

Astfel de experienţe se organizează în scopul cercetării nutriţiei plantelor şi fertilităţii solului în condiţii parţial sau total controlabile.

Vasele de vegetaţie sunt confecţionate din tablă emailată, sticlă sau mase plastice cu volume diferite, de regulă cilindrice, prevăzute cu un orificiu de scurgere a surplusului de apă (cu încărcătură diferită în elemente nutritive) care poate fi eventual captată pentru diferite teste.

Pentru organizarea de experienţe cu îngrăşăminte vasele sunt umplute cu pământ, diferite substrate nutritive sau nisip de cuarţ ori perlit (caz în care există posibilitatea unui control total asupra regimului elementelor nutritive).

Sunt cultivate cu anumite plante care răspund mai bine scopului experimental (de regulă acelaşi material biologic – soi sau hibrid – în cadrul unei experienţe), îngrăşămintele fiind dozate corespunzător volumului de sol din vasele de vegetaţie.

Pe această cale pot fi organizate experienţe cu carenţe induse, pentru testarea diferitelor îngrăşăminte şi săruri nutritive asupra cantităţii şi calităţi recoltei, a absorbţiei elementelor nutritive, a remanenţei în sol, a pierderilor prin levigare ş.a.

Solul cât şi alte substraturi utilizate pentru astfel de experienţe trebuie

să fie curat, neinpurificat cu alte îngrăşăminte, pesticide iar caracteristicile fizico-chimice să fie determinate şi bine precizate prin analize de laborator. În cazul în care se utilizează sol, acesta trebuie să fie tipic cu solul din arealul pentru care se vor face recomandările de fertilizare în urma experimentelor.

În raport cu tipul de sol, materialul biologic, sortimentul de fertilizanţi şi tipul de experimente, se recomandă limite orientative de îngrăşăminte cuprinse între: 0,05-0,20 g N/ 1kg sol, 0,05-1,20 g P_2O_5 şi 0,05-0,2 g K_2O în aceleaşi condiţii de aplicare, (LIXANDRU şi col. 1990). De regulă se utilizează săruri chimice pure, îngrăşămintele fiind omogen amestecare su solul din vase.

Materialul biologic trebuie să fie acelaşi tip pentru toate vasele din cadrul unei experienţe cu îngrăşăminte, sănătos, în fiecare vas semănându-se acelaţi număr de plante, cuprins orientativ între 20-25 la păioase, 10 plante la mazăre şi fasole, 6-12 plante la trifoi, 30-40 plante la in şi o singură plantă la prăşitoare.

Adâncimea de semănare a seminţelor 0,5-6 cm funcţie de specie. Deasupra sulului din vasul de vegetaţie se aşează un strat de nisip de cuarţ pentru prevenirea evaporării apei, formării crustei şi antrenarea solului la udările de întreţinere a experienţelor.

Funcţie de obiectivele experienţelor, unul sau mai multe elemente nutritive sunt variabile prin alocări diferite de îngrăşăminte iar ceilalţi factori sunt menţinuţi uniformi pentru toate vasele de vegetaţie.

Pentru acurateţea şi prelucrarea statistică a rezultatelor experienţele se organizează în repetiţii, 3-4 la plantele care se seamănă în rânduri dese (mai multe plante/vas – cereale, trifoliene, graminee furajere ş.a.) şi 6-8 repetiţii la prăţitoare (porumb, sfeclă ş.a.).

Experienţele cu îngrăşăminte pe vase de vegetaţie permit un control riguros al factorilor de vegetaţie (nutriţiei în cazul de faţă) şi permit inducerea a diferite stări de nutriţie prin dozarea controlată a nutrienţilor.

6.3.2. Experienţe cu îngrăşăminte în condiţii de câmp

Experienţele de acest tip sunt mult mai elocvente privind informaţiile ce se obţin aupra fertilităţii solului, sistemului de fertilizare şi recoltelor obţinute.

Ele pot avea caracter staţionar, când o perioadă îndelungată de timp variantele experimentale cu îngrăşăminte păstrează aceeaşi locaţie (aceeaşi doză de fertilizanţi pe aceeaşi suprafaţă – parcelă experimentală) sau pot fi organizate pe o perioadă de timp determinată (2-3 ani).

Experienţele vor fi amplasate în condiţii reprezentative de climă şi sol pentru zona în care se doreşte aplicarea rezultatelor experimentale.

Pentru reducerea erorilor experimentale mărimea parcelei experimentale este recomandată a fi de minim 20 m^2 (20-100 m^2) funcţie de cultură, iar numărul de repetiţii cuprins între 3-6.

Organizarea experienţei depinde de scopul urmărit: testarea unor sortimente de îngrăşăminte, a unor doze şi momente diferite de aplicare, a diferite metode de aplicare, raporturi de îngrăşăminte ş.a.

Funcţie de sortimentul de îngrăşăminte (NPK), experienţele pot fi monofactoriale când se foloseşte un singur îngrăşământ în diferite doze. Exemplu o experienţă cu diferite doze de azot: o variantă nefertilizată utiliza-

tă ca martor, diferite variante cu doze crescătoare cu azot, N50 (50 kg s.a.N/ha), N100, N150, N200, Fig. 6.1.

Dozele de îngrăşăminte în kg s.a./ha se calculează prin raportare la suprafaţa variantelor experimentale.

În cazul în care sunt luate în calcul şi graduate mai multe îngrăşăminte simple, experienţa este de tipul polifactorial, modul de organizare a experienţelor fiind redat în fig. 6.2.

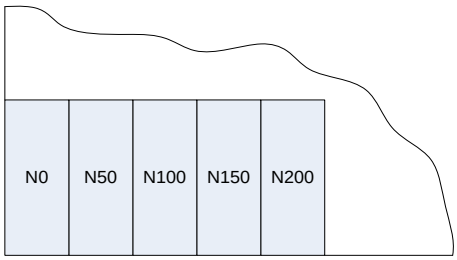


Fig. 6.1. Experienţă monofactorială cu îngrăşăminte (azot)

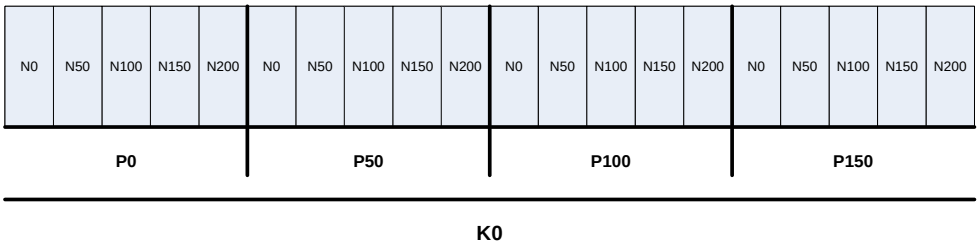


Fig. 6.2. Exemplu de experienţă polifactorială cu îngrăşăminte.

Se poate observa în exemplul anterior modul de graduare a îngrăşămintelor:

- potasiul este graduat în 4 variante K0, K50, K100, K150 (kg ş.a./ha calculat la varianta experimentală, în figura anterioară fiind redat doar K0);
- pe fiecare variantă (graduare) a potasiului sunt graduate 4 doze de fosfor (P0, P50, P100, P150);
- pe fiecare graduare a fosforului se dezvoltă 5 graduări ale azotului (N0, N50, N100, N150, N200).

Variantele experiementale se amplasează în mai multe repetiţii (4-6) conform cu normele prevăzute de tehnica experimentală astfel încâr rezultatele obţinute să poată fi prelucrate statistic prin metode matematice sau statistice adecvate, iar recomandările de fertilizare pentru culturile din zona respectivă să aibă un fundament ştiinţific şi practic.

În cazul în care se testează forme diferite de îngrăşăminte, este posibilă stabilirea efectului pe care îl are acelaşi element dar sub forme chimice

diferite (azotat de amoniu, uree, nitrocalcar, sulfat de amoniu ş.a.) în condiţiile administrării aceleiaşi doze de element activ. Poate fi testată şi apreciată influenţa diferitelor tipuri de îngrăşăminte (ex. cu azot) compor-tarea faţă de tipul de sol, faţă de plantele cultivate, momentul aplicării ş.a.

În experienţele cu îngrăşăminte pot fi utilizate îngrăşăminte simple sau complexe, solide sau lichide, minerale sau organice, amendamente în diferite asocieri şi combinaţii funcţie de problematica pentru care se doreşte găsirea de soluţii optime.

Experienţele cu cantităţi diferite de îngrăşăminte urmăresc găsirea dozelor optime din punct de vedere tehnic şi economic. Este importantă stabilirea intervalelor dintre dozele de îngrăşământ pentru a surprinde cât mai fidel momentul la care producţiile ating valoarea de maxim tehnic şi economic. O graduare prea mică va duce la multe variante experimentale ceea ce va dezvolta câmpuri experimentale mari, în timp ce intervale mari între doze va reduce variantele, va simplifica câmpul experimental dar va fi mai dificil de surprins valorile cantitative ale dozelor la care producţiile ating valorile căutate fiind necesare extrapolări şi artificii de calcul.

Experienţele complexe cu îngrăşăminte pot fi asociate şi cu alţi factori tehnologici cum ar fi irigaţia, lucrările solului, variaţii ale materia-lului bilogic – specie, soi, hibrid – asolamentul ş.a.

Rezultatele obţinute din astfel de experienţe sunt mult mai valoroase deoarece surprind o intracţiune complexă a mai multor elemente de tehnologie iar recomandările practice sunt mai eficiente.

6.4. Cartarea agrochimică

Cartarea agrochimică sau studiul agrochimic al solurilor se execută de către Oficiile Judeţene pentru Studii Pedologice şi Agrochimice (OJSPA) în vederea cunoaşterii stării de reacţie şi de aprovizionare cu elemente nutritive a solurilor. Informaţiile obţinute sunt folosite în scopul stabilirii măsurilor de corectare a reacţiei şi a calculătii dozelor optime de îngrăşăminte pentru realizarea unor recolte ridicate cantitativ şi calitativ.

Acest studiu deosebit de important pentru obţinerea unor randamente sporite şi economice, cât şi pentru controlul şi dirijarea fertilităţii solurilor, include următoarele lucrări principale:

- delimitarea parcelelor agrochimice omogene de teren, în raport cu tipul de sol, modul de folosinţă şi măsurile de fertilizare aplicate anterior;
- recoltarea probelor medii de sol din parcelele agrochimice delimitate, în vederea efectuării analizelor de laborator;
- efectuarea analizelor agrochimice în laborator şi stabilirea unor indici de caracterizare a fertilităţii solurilor;
- întocmirea cartogramelor (hărţilor) agrochimice ce delimitează suprafeţele de sol cu însuşiri agrochimice asemănătoare, în vederea aplicării diferenţiate a amendamentelor şi îngrăşămintelor;
- întocmirea unui program de amendare şi fertilizare, în condiţii de eficienţă economică şi de sporire a fertilităţii solurilor.

Întrucât starea de fertilitate a solurilor se modifică în timp, după o dinamică specifică fiecărui indice agrochimic, cartarea agrochimică se reface periodic:

- la 4-5 ani pentru culturile de câmp neirigate şi plantaţiile viti-pomicole clasice;
- la 3-4 ani pentru plantaţiile pomicole şi vitivole intensive;
- la 2-3 ani pentru culturile irigate;
- în fiecare an în solarii;
- de 3 ori pe an la ciclul I şi de 2 ori pe an la ciclul II de seră;
- lunar în serele cultivate cu specii floricole.

Etapele cartării agrochimice. Având în vedere amploarea unei lucrări de cartare agrochimică, pentru buna organizare şi desfăşurare a lucrărilor activitatea comportă următoarele faze de lucru:

A. Faza pregătitoare
B. Faza de teren
C. Faza de laborator
D. Faza de birou
E. Faza finală

A. Faza pregătitoare include:

Pregătirea bazei topografice şi pedologice pentru lucrul în teren.

După gradul de complexitate a condiţiilor de sol şi nivelul de intensivizare a culturilor, baza topografică utilizată este următoarea:

- hărţi la scara 1:10000 (la culturi de câmp şi la un grad redus de intensivizare);
- hărţi la scara 1:5000 (la plantaţii pomicole şi viticole intensive şi la culturi de câmp cu grad sporit de intensivizare);
- hărţi la scara 1:2000 (la sere, solarii, pepiniere);

Pe planul topografic existent se trasează limitele unităţilor de sol, cu înscrierea unor elemente de identificare conform legendei solurilor.

Pregătirea materialelor pentru recoltarea probelor de sol:

Se pregătesc: rulete, jaloane, sonde agrochimice, lăzi în care să se ambaleze cutiile cu probele de sol, fig. 6.8. a, b.

a b

Fig. 6.8. Sonde pentru recoltare probe sol:
a – alegerea modelului de sondă funcţie de tipul de sol, b – tipuri de sonde sau unelte

B. Faza de teren include acţiuni legate de recoltarea probelor de sol.

Recoltarea probelor agrochimice de sol se face pe adâncimea de 0-20 cm şi 20-40 cm, în raport cu modul de folosinţă după cum urmează:

- pe terenurile arabile se recoltează pe adâncimea 0-20 cm, cu o probă medie agrochimică constituită din 25-40 subprobe parţiale;
- din pajişti naturale şi cultivate pe adâncimea de 0-10 cm, cu o probă medie agrochimică formată din 40 subprobe parţiale;

- din plantaţiile pomicole şi viticole clasice pe adâncimea de 0-20 cm şi 20-40 cm, probele parţiale fiind recoltate de pe suprafaţa solului ce corespunde proiecţiei coroanei sau din jurul butucului de viţă de vie, unde de regulă se aplică îngrăşămintele;

- din plantaţiile pomicole şi viticole intensive pe adâncimea 0-20 cm şi 20-40 cm, probele parţiale se iau din intervalul dintre rândurile de pomi sau butuci de viţă de vie; se ridică 40 de probe parţiale într-o probe medie agrochimică;

- din spaţiile protejate:

- în sere între cele două cicluri pentru stabilirea programului fertilizărilor de bază, înainte de defrişarea culturilor din ciclul anterior; pentru fertilizări faziale de 3 şi respectiv 2 ori pe ciclu de vegetaţie;

- în solarii, toamna după defrişarea ultimei culturi pentru fertilizările de bază; primăvara timpuriu pentru corectarea fertilizărilor de toamnă.

Momentul de recoltare optim este următorul: pentru cereale imediat după recoltarea lor; pentru pomi şi viţă de vie la sfârşitul verii începutul toamnei, primăvara devreme, înaintea semănatului culturilor de primăvară sau aplicarea azotului la cele existente.

Mărimea indicată pentru parcela agrochimică: 5-10 ha pentru păşuni şi fâneţe, 2-5 ha pentru culturi de câmp situate pe tenuri orizontale, maximum 1 ha pentru culturile situate pe terenuri foarte puternic erodate şi coluviale, 0,5-2 ha pentru plantaţii de pomi şi viţă de vie, 0,25-2 ha pentru legume şi 100-200 m^2 pentru culturi în sere.

Etichetarea ambalarea şi expedierea probelor se face cu detaliile necesare şi suficiente pentru identificarea acestora (localitatea, deţinător, nr. probă, adâncimea ş.a.).

C. Faza de laborator include toate acţiunile de pregătire a probelor pentru analiză şi efectuarea analizelor.

I. Pregătirea probelor de sol pentru analiză începe imediat după aducerea lor în laborator.

Probele ce trebuiesc analizate la umiditatea naturală se preiau în prima fază pentru omogenizare şi determinarea umidităţii.

Probele ce trebuiesc analizate uscate la aer, după înregistrare se trec în scafe speciale de carton, etichetate cu numărul de pe cutia de recoltare şi se depun în camere de aerisire.

Proba de sol uscată la aer, destinată determinărilor curente, se mărunţeşte cu mori de măcinat solul, după care se cerne prin sita cu ochiuri de 2 mm. Probele astfel pregătite se păstrează într-un depozit special, în pungi de material plastic, cutii de material plastic sau de carton sau în borcane cu dop rodat.

Modul de exprimare a rezultatelor analitice se face conform practicii mondiale din ultimele decenii, în ppm element (mg element la 1 kg sol), în % (g element sau g substanţă uscată la 100 g sol) şi în milechivalenţi la 100 g sol.

Pentru a trece de la exprimarea rezultatelor sub formă de oxizi la exprimarea lor sub formă de elemente sau invers, se utilizează următorii factori de conversie:

- de la P_2O_5 la P factorul de înmulţire = 0,4364
- de la K_2O la K --//-- = 0,8301

- de la CaO la Ca --//-- = 0,7146
- de la MgO la Mg --//-- = 0,6031
- de la P la P_2O_5 --//-- = 2,2915
- de la K la K_2O --//-- = 1,2047
- de la Ca la CaO --//-- = 1,3994
- de la Mg la MgO --//-- = 1,6581

Raportarea analizelor la sol uscat la 105 ºC

Raportarea rezultatelor analitice se face în general la masa solului uscat la aer.

Dacă este necesară o raportare la masa solului uscat la 105 ºC, concomitent cu analiza solului se determină şi umiditatea acestuia prin uscare în etuvă la 105 ºC.

Recalcularea rezultatelor pentru această situaţie se face cu reelaţia:

$$R = r\frac{100+U}{100} \qquad (6.1)$$

în care:

R – rezultatul analizei solului pentru masa solului uscată la 105 ºC;

r – rezultatul obţinut prin analiza probei de sol uscată la aer sau la umiditatea de recoltare;

U – umiditatea solului uscată la 105 ºC, în %;

100 – factor pentru raportarea procenruală.

Efectuarea analizelor de sol

Pentru studiul agrochimic se execută următoarele determinări fozico-chimice:

a) *Analize de serie mare* în cadrul cărora la toate probele de sol se determină:

- pH-ul potenţiometric în suspensie apoasă;
- conţinutul de fosfor mobil, prin metoda Egner-Riehm-Domingo în acetat lactat de amoniu (AL);
- conţinutul de potasiu mobil determinat în aceeaşi soluţie extractantă ca şi fosforul (AL).

b) *Analize de serie mică*

- la 10% din probele de sol cu valori ale pH (H_2O) = 5,8-6,0 în scopul calculării gradului de saturaţie în baze (V%) şi stabilirii oportunităţii amendării şi a dozelor de amendament calcaros, se determină suma bazelor schimbabile după Kappen (S_B) şi aciditatea hidrolitică prin metoda Kappen (A_H).
- gradul de saturaţie în baze (V%) se stabileşte prin calculul:

$$V\% = \frac{SB}{SB+Sh}\times 100 \qquad (6.2)$$

- la 5% din probele recoltate de pe soluri neutre şi alcaline (cu pH (H_2O) 7,5 se determină carbonaţii alcalino-pământoşi;
- la 10% din probele de sol, alese pentru o bună reprezentare a principalelor tipuri de sol şi a condiţiilor agrochimice se determină conţinutul de humus şi prin calcul se obţine indicele de azot:

$$IN = \frac{humus\% \times V\%}{100} \qquad (6.3)$$

- la 10-20% din probele recoltate din zonele salinizate (cu pH 8,5) se determină: conţinutul total de săruri (CTSS) prin metoda conductometrică, compoziţia sărurilor solubile, când CTSS este 100 (după determinarea conductometrică) şi capacitatea totală de schimb cationic (T) prin extracţie cu acetat de amoniu 1N.

c) *Analize pentru sere*

În cazul cartărilor agrochimice la solurile din sere sunt necesare următoarele determinări:

- conţinutul de materie organică (MO%) prin metoda pierderii la calcinare;
- *p*H-ul în suspensie apoasă, potenţiometric, la un raport sol/apă 1:5;
- analiza extractului apos, la raport sol/apă de 1:5, privind conţinutul în N mineral, fosfor, potasiu, sodiu, calciu, magneziu.

d) *Analize speciale (ocazionale)*

Este normal ca în aceeaşi acţiune a cartării agrochimice să se execute, dar numai la cererea beneficiarilor şi alte analize, cum ar fi:

- determinări de microelemente;
- analiza conţinutului de substanţă activă (N, P, K) din îngrăşăminte
- determinarea calităţii (puterii de neutralizare – PNA) a amendamentelor;
- analize de plante şi recolte;
- analize speciale pentru determinarea gradului de poluare a solului şi plantelor ca urmare a folosirii substanţelor chimice sau datorită altor surse de poluare.

Rezultatele analizelor se trec în buletine de analiză şi se predau sectorului de cartografie pentru derularea fazei de birou.

D. Faza de birou

a) Cartografierea indicilor agrochimici se face pe următoarele cartograme (hărţi) agrochimice:

- cartograma pH-ului pe care se trec, la probele determinate şi valorile gradului de saturaţie în baze (V%). Pe aceeaşi cartogramă se delimitează, după urgenţe şi parcelele care au nevoie de amendamente. De regulă, parcelele ce urmează a fi ameliorate chimic prin calcarizare se colorează în roşu.
- cartograma stării de aprovizionare a solurilor cu fosfor mobil se întocmeşte pe baza valorilor P-mobil.
- cartograma stării de aprovizionare a solului cu potasiu mobil se întocmeşte pe baza valorilor potasiului mobil (K ppm).
- cartograma de delimitare a parcelelor de chimizare include consemnarea cartografică a parcelelor uniforme ca indici, cultură şi recomandări de fertilizare. Pe această cartogramă se consemnează valorile medii ale indicilor agrochimici (pe parcelă – pH, IN, P, K) şi dozele de îngrăşăminte şi amendamente recomandate.

Se întocmeşte de asemenea o situaţie sintetică agrochimică privind

pH-ul şi aprovizionarea cu P şi K pe fermă, pe unitate şi pe proprietar (deţinător).

b) Întocmirea recomandărilor de amendare şi fertilizare se includ în planul de amendare şi fertilizare.

Dosarul agrochimic final include piesele desenate (cartogramele), sintezele şi buletinele de analiză, programul de amendare şi fertilizare şi un memoriu agrochimic ce trebuie să susţină explicativ cartarea agrochimică.

E. Faza finală include avizarea cartării agrochimice şi predarea la beneficiar.

Întrebări

1. Ce importanță prezintă experiențele pe vase de vegetație în evaluarea fertilității solului?
2. De câte tipuri pot fi experiențele de câmp în vederea evaluării fertilității solului, funcție de tipurile și dozele de îngrășăminte utilizate?
3. Care sunt etapele cartării agrochimice?
4. Care sunt determinările curente care fac în cadrul cartării agrochimice a terenurilor agricole?
5. Ce reprezintă cartograma *p*H-ului?
6. La ce interval de timp se face lucrarea de cartare agrochimică?

UNITATEA DE ÎNVĂȚARE 14

UTILIZAREA RAŢIONALĂ A ÎNGRĂŞĂMINTELOR ÎN AGRICULTURĂ

Cuvinte cheie: sol, fertilitate, culturi, îngrășăminte, fertilizare

Rezumat: Fertilizarea culturilor este o verigă tehnologică deosebit de importantă pentru obținerea de produse agricole de calitate, ridicate cantitativ în condiții de eficiență economică și în condițiile păstrării echilibrelor de mediu.

Pe parcursul capitolului sunt prezentate dferite metode și tehnici de fertilizare.

Pentru obţinerea de recolte ridicate şi stabile este necesar ca fiecare plantă să beneficieze de o nutriţie optimă, alături de optimul celorlalţi factori de vegetaţie. Acest lucru este posibil prin aplicarea corectă a îngrăşămintelor în raport cu condiţiile de sol şi cerinţele plantelor, de asemenea în corelaţie şi cu elementele climatice şi tehnologice care influenţează creşterea şi dezvoltarea plantelor.

7.1. Factori ce condiţionează aplicarea îngrăşămintelor

Aplicarea corectă şi eficientă a îngrăşămintelor presupune cunoaşterea factorilor ce condiţionează efectul acestora şi corelarea fertilizării plantelor cu condiţiile şi factorii ce influenţează acest proces.

În raport cu complexitatea agriculturii, ca activitate socio-econo-mică, o serie de factori de natură ecologică, economică dar şi socială influ-enţează şi condiţionează aplicarea îngrăşămintelor, printre care: sistemul de agricultură, condiţiile agrochimice ale solului, asolamentele şi rotaţia cultu-rilor, condiţiile climaterice, gradul de dotare şi nivelul tehnologiilor agricole ş.a., o serie de lucrări valoroase abordând aceste probleme complexe ale uti-lizării îngrăşămintelor în agricultură, Borlan şi Hera 1984, Borlan şi col. 1994, Dumitru şi col. 2002, Marilena Marghitaş şi Rusu M., 2003, Rusu şi col. 2005, Marinković & Crnobarac 2006 ş.a.

7.1.1. Sistemul de agricultură şi aplicarea îngrăşămintelor

Agricultura trebuie considerată ca fiind o strategie dezvoltată de om

pentru cultura plantelor, creşterea animalelor şi transformarea mediului într-o manieră în care să conducă spre o maximă convertire a energiei solare în producţie vegetală şi ulterior a conversiei furajelor în produse animaliere sau alte produse agricole necesare în alimentaţia omului şi diferite sectoare ale economiei.

Pentru a determina sporirea producţiei plantelor în principiu omul acţionează pe două căi:

a) printr-un complex de măsuri în direcţia îmbunătăţirii însuşirilor solului şi a condiţiilor de mediu în general, astfel încât acesta să poată satisface în măsură cât mai mare cerinţele de nutriţie şi în general de viaţă a plantelor;

b) printr-un alt complex de măsuri asupra plantelor în vederea măririi capacităţii lor de a asimila substanţe şi energie din mediul în care sunt cultivate şi a produce cât mai mult.

Este necesar şi foarte important ca aceste măsuri să se facă diferenţiat, în raport cu condiţiile pedo-climatice şi particularităţile agrobiologice ale plantelor în cauză, dar şi unitar, în sensul că tratamentele agrofitotehnice să-şi completeze eficacitatea şi să determine sporirea producţiei plantelor, menţinerea sau creşterea fertilităţii solului precum şi păstrarea echilibrelor naturale. Aceste cerinţe se realizează prin sistemul de agricultură.

Referindu-se doar la cultivarea plantelor Ghiula 1966, arăta că: "*sistemul de agricultură cuprinde totalitatea măsurilor principale ameliorative, agrotehnice şi fitotehnice care se aplică în vederea sporirii producţiei plantelor".*

Cercetările şi acumulările ştiinţifice ulterioare în această direcţie au condus la lărgirea sferei de cuprindere în abordarea sistemică şi la o generalizare a definiţiei sistemului de agricultură.

Astfel după CONWEY 1985, "*sistemul de agricultură este un ansamblu de elemente între care se stabilesc relaţii funcţionale puternice de intensitate diferită"*.

Sub aspect practic, *"sistemul de agricultură este un ansamblu de elemente (componente) ecologice, economice şi sociale în interacţiune, proiectat şi realizat de om în vederea obţinerii de produse agricole vegetale şi animale necesare satisfacerii anumitor necesităţi umane*, fig. 7.1.

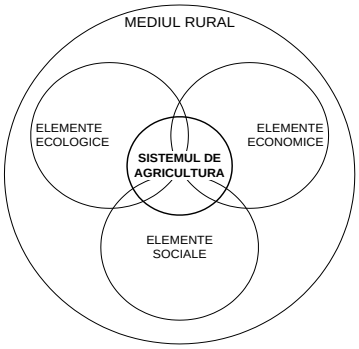


Fig. 7.1. Schema de principiu a sistemului agricol.

Toate măsurile pe care le întreprinde omul (alegerea plantelor cultivate - specii, soiuri, hibrizi, irigaţia, îngrăşămintele şi amendamentele, lucrările

solului, lucrări de protecţie a plantelor, investiţia energetică, gradul de dotare, nivelul tehnicii ş.a.) vor avea efectul dorit numai dacă se aplică în conformitate cu condiţiile pedoclimatice şi particularităţile agrobiologice ale plantelor, astfel încât toate să concure printr-un efect sinergic la îmbunătă-ţirea condiţiilor de vegetaţie şi de nutriţie a plantelor, iar în final să se regăsească în sporuri cantitative şi calitative de recoltă.

Tipul de măsuri agrofitotehnice precum şi nivelul investiţiei ener-getice şi a resurselor atrase, trebuie să fie în corelaţie cu materialul biologic aflat în exploatare, respectiv cu capacitatea acestuia de a valorifica măsurile aplicate.

> Aplicarea unor doze mari de îngrăşăminte are eficienţă dacă se cultivă un soi sau hibrid cu capacitate mare de valorificare a acestora; irigaţia are eficienţă mai mare dacă este însoţită de un sistem corespunzător de lucrări ale solului, aplicarea îngrăşămintelor şi în condiţiile cultivării de plante cu mare capacitate de producţie.

Funcţie de raportul dintre consumurile externe şi cele interne, se diferenţiază mai multe tipuri de sisteme agricole: *sisteme agricole intensive, sisteme agricole extensive şi sisteme agricole integrate,* fig. 7.2.

Consumurile externe (Ce) cuprind intrările în sistemul agricol (inputuri) şi în special intervenţiile antropice din afara sistemului (baza energetică, sistemele de maşini şi agregate, îngrăşăminte chimice, pesticide ş.a.).

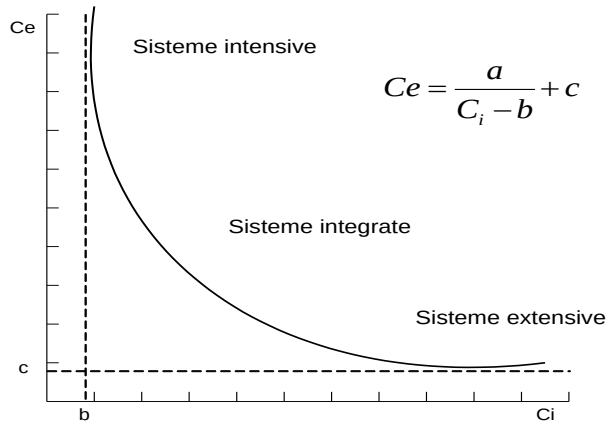


Fig. 7.2. Raportului Ce/Ci în diferite sisteme agricole, după TONCEA şi ALECU, 1999.

Îngrăşămintele reprezintă categoria de materiale a cărui consum se diferenţiază cel mai mult funcţie de gradul de intensivizare a sistemului agricol.

Menţinerea fertilităţii solului în cadrul sistemelor intensive de agricultură (frecvent fără sector de creştere a animalelor) se realizează prin utilizarea unor doze mari de îngrăşăminte chimice, singura sursă de materie organică fiind reprezentată de resturile vegetale ale culturilor.

Dacă există şi un sector de creştere a animalelor, îngrăşămintele organice (gunoiul de grajd) se va utiliza pentru fertilizarea cu prioritate a terenurilor ocupate cu culturi furajere (sfeclă furajeră, porumb masă verde sau

siloz ş.a.) şi doar în mică măsură terenurile ocupate cu culturi de câmp pot beneficia de aportul fertilizării organice.

Prin urmare pe astfel de terenuri se instaurează un echilibru nutritiv destul de fragil, el depinzând de cantităţi anuale ridicate de elemente nutritive administrate prin îngrăşămintele chimice.

Simplificarea aproape la extrem a structurii culturilor specifică acestor sisteme agricole, din care lipsesc culturile de leguminoase şi în care predomină rotaţiile simple grâu – porumb şi uneori monocultura, fac ca fertilizarea să fie unilaterală subliniind încă o dată fragilitatea echilibrului nutritiv.

Sistemele agricole extensive cuprind atât agricultura ecologică cu variante diferenţiat dezvoltate (agricultura bilogică, biodinamică ş.a.) cât şi agricultura sedentară tradiţională practicată încă şi care are un caracter de subzistenţă.

Sistemele de agricultură ecologică, contrar celor convenţionale (intensive) exclud utilizarea îngrăşămintelor chimice de sinteză şi presupun utilizarea îngrăşămintelor organice, iar în completarea surselor de elemente nutritive pot fi utilizate şi îngrăşăminte provenite din prelucrarea unor roci naturale (SALA et. col. 2007).

Dacă în cadrul sistemelor de agricultură ecologică pentru protecţia mediului şi a produselor agricole cadrul legislativ exclude îngrăşămintele chimice de sinteză dar productivitatea este ridicată prin utilizarea altor surse fertilizante şi tehnici de cultură (44), în cadrul agriculturii de subzistenţă fie nu se utilizează îngrăşăminte fie sunt aplicate la doze minime, oscilante de la un an la altul, productivitatea acestora fiind redusă.

Sistemele agricole integrate armonizează utilizarea celor două categorii de fertilizanţi organici şi minerali printr-o utilizare şi completare reciprocă.

Conceptele moderne privind studiul, abordarea şi cercetarea sistemelor agricole prin modelare şi simulare oferă posibilitatea optimizării proceselor de producţie agricolă, Lajpat şi col. 2002, Peart şi Bruce 1998.

7.1.2. Condiţiile agrochimice ale solurilor – factori ai aplicării îngrăşămintelor

Fertilitatea solurilor este o însuşire complexă, esenţială în realizarea produţiei agricole, nivelul de aprovizionare a solurilor în principalele elemente nutritive constituind un factor important ce condiţionează şi dimensionează nivelul dozelor de îngrăşăminte şi efectul acestora.

Ştefanic şi Papacostea (1977) şi Ştefanic (1979) (citaţi de Eliade şi col. 1983) definesc fertilitatea solului ca fiind „ capacitatea sa anturală de a-şi echilibra procesele de acumulare care stau la baza formării complexului argilo-mineral cu cele de eliberare a substanţelor nutritive pentru învelişul de vegetal”. Când echilibrarea acestor procese se face la un nivel ridicat (nivel ridicat de variaţie a stării energetice) solul este foarte fertil, iar când echilibrul se produce la un nivel scăzut, fertilitatea este scăzută.

Pornind de la această definiţie se poate aprecia că omul poate dorija în mod conştient fertilitatea solului, conservând-o sau chiar sporind-o prin introducerea în sol de îngrăşăminte organice şi minerale în concordanţă cu condiţiile de sol şi cerinţele plantelor cultivate.

Solul ca mediu de cultură şi factor ce influenţează gradul de valorifica-

re a elementelor nutritive din îngrăşăminte este cuantificabil prin analize specifice în vederea stabilirii tipului de fertilizant, a dozei şi tehnicilor de aplicare în raport cu plantele cultivate.

Efectul unui îngrăşământ este cu atât mai ridicat cu cât nivelul de aprovizionare a solului în elementul respectiv este mai redus, efectul reducându-se pe măsură ce aprovizionarea solului în elementul respectiv creşte.

Având în vedere aportul diferenţiat al solurilor la realizarea recoltelor funcţie de conţinutul în elemente nutritive, la calcularea dozelor optime economic de îngrăşăminte (DOE) se va ţine seama obligatoriu de cantitatea de elemente nutritive accesibile pe care le cunţine solul.

Printr-o fertilizare achilibrată, în cadrul unor strategii de fertilizare şi dirijare a fertilităţii solurilor, se caută a se realiza în timp optimizarea agrochimică a echilibrului nutritiv sol-plantă.

Ideal este să se ajungă la reducerea dozelor mari de îngrăşăminte aplicate spre nivelul unor doze mai mici, de întreţinere, mult mai eficiente, care să susţină consumul anual al culturilor fără investiţii majore în fertilizare.

7.1.3. Asolamentul şi rotaţia culturilor – factori de condiţionare a fertilizării

Plantele de cultură constituie elementele principale care dau tonul în cadrul sistemului de agricultură, toate activităţile organizatorice, tehnologice, economice fiind concentrate spre asigurarea condiţiilor optime de vegetaţie pentru realizarea producţiei maxime a culturilor respective şi spre profitabilitatea sistemului agricol.

Ca urmare necesarul plantelor în elemente nutritive, pornind de la producţia estimată şi consumul specific, este un element important în stabilirea dozelor de îngrăşăminte.

Plantele au cerinţe diferite faţă de elementele nutritive, unele specii fiind mari consumatoare de apă şi elemente nutritive în timp ce altele au consumuri mai reduse; unele îmbogăţesc solul în azot (leguminoasele) în timp ce altele îl sărăcesc; sunt plante care pot prelua unele elemente nutritive din compuşi greu solubili (lupinul, mazărea, trifoiul) în timp ce altele sunt mult mai sensibile faţă de mediul de nutriţie (grâul, orzul ş.a.).

Sistemele agricole intensive, prin simplificarea structurii culturilor, au general rotaţii simple grâu-porumb sau chiar monocultură ceea ce conduce la un consum unilateral de elemente nutritive şi la dezechilibre de nutriţie.

Prin urmare funcţie de structura plantelor de cultură, asolamentele şi rotaţiile practicate se impun scheme diferenţiate de fertilizare.

În cazul unor asolamente complexe, echilibrate, cu plante leguminoase, prăşitoare, cereale păioase, rădăcinoase şi tuberculifere, fertilizarea organo-minerală asigură un regim mult mai echilibrat elementelor nutritive şi nutriţiei plantelor.

7.1.4. Condiţiile climatice – factori de condiţionare şi eficienţă

a fertilizării

Condiţiile climaterice, mai ales sub aspectul regimului pluviometric şi termic pot condiţiona dozele şi efectul fertilizanţilor la majoritatea culturilor agricole, într-o anumită măsură deficitul pluviometric putând fi compensat printr-un regim optim de udare, dar cu costurile aferente.

Valori normale pentru coeficientul de apă în câmp şi pentru umiditatea atmosferică contribuie la creşterea coeficientului de utilizare a îngrăşămintelor, nivelul dozelor optime putând fi majorate.

Este cunoscut faptul că nivelul precipitaţiile în perioada octombrie martie determină reglarea/corectarea dozei de îngrăşăminte în special cu azot la culturile de cereale păioase de toamnă, dar şi la celelalte culturi.

Regimul termic de asemenea influenţează valorificarea elementelor nutritive, în general temperaturile ridicate fiind asociate cu deficite de umiditate şi deci cu valorificare redusă a elementelor nutritive.

Schimbările climaterice au determinat în multe regiuni ale globului modificări majore în ce priveşte structura şi productivitatea sistemelor agricole, fertilizarea culturilor cunoscând de asemenea ajustări pentru noile situaţii, Hatfield, 2005.

7.1.5. Nivelul tehnologiilor agricole – factor de condiţionare şi eficienţă a fertilizării

Îngrăşămintele sintetice (solide sau lichide) sunt substanţe obţinute prin procedee chimice sau fizico-chimice costisitoare, ca urmare în general a consumurilor ridicate de energie. Prin urmare administrarea acestor îngrăşăminte trebuie efectuată într-un cadru tehnologic optim, specific sistemului agricol, condiţiilor de sol şi plantă pentru valorificarea eficientă a energiei fertilizante şi costurilor înglobate în ele.

În cazul îngrăşămintelor organice există de asemenea cerinţe deosebite pentru o administrare corectă şi valorificare superioară a unor resurse fertilizante (tulbureala, turba, composturile ş.a.).

La acestea se adaugă posibilităţile extinse de control şi dirijare a fertilităţii solurilor, deschise prin tehnicile moderne oferite de tehnologiile GIS şi GPS precum şi de tehnica agricolă cu performanţe şi precizie ridicate pentru administrarea fertilizanţilor, fig. 7.3.

Mai poate fi adăugat domeniu IT cu aparatura electronică, softurile de specialitate şi serviciile tot mai complexe pe care le poate furniza agriculturii în direcţia controlului şi dirijării fertilităţii solului prin lucrările de chimizare.

Aceste câteva aspecte reflectă faptul că utilizarea eficientă a îngrăşămintelor este posibilă astăzi, în condiţii de eficineţă economică şi protecţia mediului, doar cu tehnologii moderne.

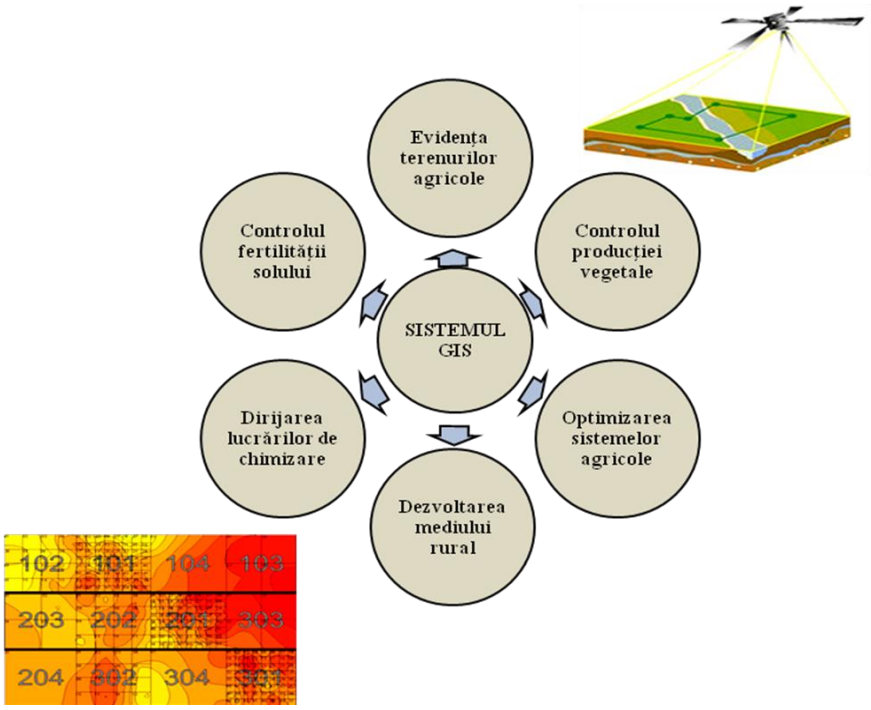


Fig. 7.3. Facilităţi oferite de sistemul GIS în controlul şi dirijarea fertilităţii solului.

7.1.6. Tipul de îngrăşământ – factor de condiţionare şi eficienţă a fertilizării

Sortimentul mare de îngrăşăminte, cu însuşiri fizico-chimice diferite, face ca în raport cu proprietăţile agrochimice ale solurilor luate în cultură să existe în anumite situaţii de incompatibilitate între tipul de îngrăşământ şi solul ce urmează a fi fertilizat (sulfatul de amoniu faţă de solurile acide, azotatul de sodiu faţă de solurile alcalice ş.a.). În unele cazuri există şi situaţia de incompatibilitate între îngrăşăminte şi plantele cultivate (clorura de amoniu faţă de plantele clorofobe).

Funcţie de cele anterior prezentate, există trei situaţii privind aplicabilitatea îngrăşămintelor:

- îngrăşăminte cu caracter universal ce pot fi aplicate pe orice tip de sol şi la orice cultură,
- îngrăşăminte cu restricţie faţă de sol,
- îngrăşăminte cu restricţie faţă de plantă.

În raport cu aceste condiţii restrictive, eficienţa fertilizării este diferită funcţie de concordanţa dintre caracteristicile îngrăşământului, cele ale solului ca mediu de nutriţie şi de plantele care urmează a beneficia de elementele nutritive.

De asemenea trebuie menţionat faptul că industria producătoare de îngrăşăminte asigură sortimente diferite, de la clasicele îngrăşăminte simple cu azot, fosfor şi potasiu, până la îngrăşăminte complexe cu microelemente, solide sau lichide, îngrăşăminte cu solubilitate controlată, îngrăşăminte

microgranulate, îngrăşăminte cu substanţe fitofarmaceutice ş.a.

Administrarea acestor îngrăşăminte se face diferenţiat funcţie de condiţiile de sol, de plantele de cultură şi sistemele de agricultură practicate.

7.2. Factori determinanţi pentru realizarea producţiei agricole şi fertilizarea culturilor

Tehnologiile agricole performante din cadrul diferitelor sisteme de agricultură au ca principal obiectiv realizarea de producţii mari şi de calitate, în condiţii de eficienţă economică şi în contextul protejări mediului.

Nivelul de manifestare a factorilor de vegetaţie este cel mai adesea sub necesarul plantelor, iar paleta mare de culturi face ca pentru fiecare specie să fie necesare măsuri de corecţie a valorii acestor factori de producţie.

Modificarea parametrilor unui factor atrage automat modificarea optimului celorlalţi factori, formarea de noi echilibre, astfel încât în permanenţă este necesar a se face calcule şi corelaţii privind armonizarea factorilor de producţie în vederea întreprinderii unor măsuri eficiente.

Aceste aspecte vizează şi nutriţia plantelor, mereu fiind necesare analize şi calcule privind asigurarea plantelor cu elemente nutritive şi găsirea optimului tehnic sau economic privind dozele de îngrăşăminte.

Desigur că nu toţi factorii au aceeaşi pondere în realizarea producţiei agricole, fapt ce determină cunoaşterea acestora şi tratarea corespunzătoare a fiecăruia în parte dar şi corelat.

Potenţialul fotosintetic. Fiecare specie vegetală are capacitatea biologică de a realiza o anumită cantitate de biomasă, dată de potenţialul fotosintetic specific. De-a lungul timpului omul a căutat prin lucrări de selecţie şi ameliorare să dirijeze capacitatea productivă a plantelor cultivate în scopul asigurării resurselor de hrană, realizând soiuri şi hibrizi tot mai productivi.

Măsura în care plantele reuşesc să se apropie de potenţialul biologic fotosintetic, depinde de gradul în care sunt asigurate condiţiile de vegetaţie, nutriţia plantelor deţinând în acest sens un rol important, de până la 40-60%.

Pentru valorificarea eficientă a factorilor de producţie, mai ales când sunt efectuate alocări suplimentare pentru corectarea lor, înclusiv în cazul îngrăşămintelor, este important să se utilizeze plante care au capacitate ridicată de valorificare a investiţiilor respective.

Indicele foliar. Este de asemenea un indicator important care arată măsura în care culturile agricole valorifică energia luminoasă.

Valoarea indicelui foliar este dată de raportul dintre suprafaţa foliară şi suprafaţa ocupată de cultura respectivă, fiind influenţate de densitatea plantelor şi resursele de hrană, cu particularităţi de la o cultură la alta.

Densitatea optimă la o cultură, în condiţiile asigurării factorilor de creştere ar conduce, teoretic, la producţii record.

Spre deosebire însă de un panou solar, la care suprafaţa de receptare a energiei luminoase este constantă, suprafaţa foliară a plantelor se schimbă prin îmbătrânirea frunzelor de la etajele inferioare şi formarea de noi organe vegetative, noi frunze. (în condiţii de egalitate a suprafeţei iniţiale).

Aceasta presupune intensităţi variate ale metabolismului, migrarea elementelor nutritive spre frunzele tinere care au suprafaţa foliară şi metabolismul într-o modificare dinamică ceea ce determină necesităţi şi consumuri

diferite de elemente nutritive.

Este important prin urmare ca asigurarea plantelor cu elemente nutritive să se facă eşalonat pe măsura cerinţelor plantelor şi a capacităţii de conversei în substanţe organice specifice.

Climatul. Este un alt factor important pentru realizarea producţiei agricole, valorificarea îngrăşămintelor fiind condiţionată de gradul de asigurare cu apă a solului, de umiditatea atmosferică, temperatură ca factori de vegetaţie.

Sintetic poate fi prezentat în acest sens coeficientul pluviometric a lui Emberger (Lixandru şi col. 1990) (7.1.).

$$Q = \frac{P}{M - m} \cdot 100 \qquad (7.1)$$

unde:
P – totalul precipitaţiilor anuale;
M – media maximă a precipitaţiilor în lunile mai calde;
m – media minimă a precipitaţiilor în lunile mai reci.

Pentru evaluarea gradului de asigurare a apei se iau în calcul lunile cele mai secetoase şi cele mai umede, ţinându-se seama desigur şi de posibilitatea utilizării irigaţiei.

7.3. Stabilirea producţiei probabile pe culturi

Stabilirea producţiilor pentru plantele luate în cultură reprezintă o operaţiune importantă în cadrul managementului general al unui sistem agricol.

În stabilirea producţiilor un rol important îl are bonitarea terenurilor agricole pentru care se ţine seama de gradul de favorabilitate a solurilor pentru plantele luate în cultură sub aspectul reliefului, a hidrologiei, climei, însuşirilor agrochimice, fiecare factor de influenţă fiind încadrat într-o grilă de punctaj.

Evaluarea economică a unui teren agricol se bazează pe treansformarea notei de bonitare într-o cifră ce exprimă cantitatea producţiei ce revine pe fiecare punct al notei de bonitare, nota de bonitare medie ponderată ($\bar{x}$) pe o solă sau parcelă calculându-se potrivit relaţiei (7.2).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i}^{n} ni \cdot xi}{\sum_{i}^{n} xi} \qquad (7.2)$$

unde:

ni – reprezintă suprafaţa parţială de teren;

xi – nota de bonitare corespunzătoare suprafeţei respective.

Valorile obţinute pentru nota de bonitare medie pot avea valoarea ma-

ximă 100, dar cel mai frecvent sunt mai mici ceea ce demonstrează faptul că factorii nefavorabili pentru creşterea anumitor plante cultivate penalizează nota de bonitare prin reducerea valorii acesteia, fiind necesare măsuri de corecţie a factorilor respectivi.

Producţiile culturilor agricole vor fi cu atât mai ridicate cu cât valoarea notelor de bonitare sunt mai ridicate, 100 sau apropiate de această valoare, în caz contrat fiind nevoie de intervenţii antropice pentru corectarea factorilor deficitari prin lucrări de irigare, drenaj, desecare, corectarea reacţiei solului, fertilizare ş.a. În urma acestor lucrări factorii sunt corectaţi, penalităţile dispar sau se reduce la minim posibil diminuarea, rezultând o notă medie ponderată potenţată.

Nota medie ponderată potenţată, care are valoarea mult mai ridicată, este utilizată la stabilirea recoltei scontate, conform relaţiei (7.3).

$$Rs,(kg/ha) = a + bx + cx^2 \qquad (7.3)$$

unde:

a - este coeficientul funcţiei de regresie ce desemnează recolta medie la 0 puncte de bonitare;

b - coeficientul funcţiei de regresie care defineşte cantitatea de recoltă ce revine pe un punct al notei de bonitare;

c - coeficientul care reprezintă creşterea sau descreşterea cantităţii de recoltă cu fiecare punct al notei de bonitare;

x - nota de bonitare

Funcţie recoltele prognozate, în contextul sistemului agricol respectiv (intensiv, ecologic ş.a.), în corelaţie cu nivelul tehnologic general şi condiţiile pedo-climatice, se vor calcula dozele de îngrăşăminte ce vor fi aplicate pentru susţinerea producţiilor agricole respective.

7.4. Criterii şi procedee de stabilire a dozelor de îngrăşăminte

7.4.1. Criterii pentru stabilirea dozelor de îngrăşăminte

Este foarte important să cunoaştem dozele de îngrăşăminte ce trebuiesc aplicate solului în scopul asigurării plantelor cu elemente nutritive la un nivel optim, pentru realizarea eficientă a producţiilor agricole.

Stabilirea dozelor de îngrăşăminte este o operaţie cu un grad ridicat de dificultate, ca urmare a influenţei directe şi indirecte pe care o au o serie de factori asupra regimului elementelor nutritive în sol şi asupra procesului de nutriţie a plantelor.

În stabilirea sortimentului şi dozelor de fertilizanţi ce se vor utiliza un rol important îl au însuşirile plantelor de cultură şi însuşirile fizico-chimice ale solului, condiţiile climaterice, specificul sistemului agricol, nivelul tehnologiilor agricole.

Referitor la specia de plane cultivate în raport cu aplicarea îngrăşămintelor, se va avea în vedere valoarea biologică şi economică a produsului (biomasei utile), destinaţia acestuia şi consumul specific fiecărei culturi pentru realizarea producţiei agricole principale şi secundare aferente, tabelul 7.1.

Tabelul 7.1

Consumul specific la principalele culturi
(LIXANDRU şi col. 1990)

Cultura	Biomasa de referinţă (producţie principală + producţia secundară aferentă)	Consumul de elemente nutritive			
		N	P_2O_5	K_2O	MgO
Grâu de toamnă	1 t boabe + paie	25-35	10-14	20-25	2-5
Secară	1 t boabe + paie	20-30	10-15	20-30	2-5
Orz	1 t boabe + paie	20-25	8-12	20-30	2-4
Ovăz	1 t boabe + paie	20-30	10-15	30-40	3-5
Porumb boabe	1 t boabe +tulpini	25-30	10-15	30-40	6-10
Mazăre	1 t boabe + lujeri	55-65	15-20	30-40	4-8
Fasole	1 t boabe + lujeri	60-65	15-20	40-50	5-10
Lupin	1 t boabe + tulpini	70-80	15-20	40-50	8-12
Rapiţă	1 t boabe + tulpini	50-60	25-35	60-70	7-12
Cartof timpuriu	10 t tuberculi + lujeri	50-60	20-25	80-100	10-20
Cartof târziu	10 t tuberculi + lujeri	45-55	15-20	75-90	8-15
Sfeclă de zahăr	10 t rădăcini + frunze	45-55	15-20	65-100	10-20
Sfeclă furajeră	10 t rădăcini + frunze	20-30	8-12	70-90	8-12
Lucernă, trifoi	1 t fân	20-30	5-10	20-25	2-6
Ierburi perene	10 t masă verde	45-55	12-15	60-70	5-7
Secară furajeră	10 t masă verde	40-50	10-15	55-65	4-6
Porumb siloz	10 t masă verde	25-35	15-20	35-45	5-10
Tutun	1 t frunze	20-30	3-5	30-60	2-8
Păşune	1 t fân	15-20	5-10	25-30	6-8

Solul ca mediu de nutriţie şi factor ce intervine în fertilizare, este important prin însuşirile sale fizico-chimice şi biologice care reflectă nivelul de aprovizionare cu elemente nutritive, formele şi gradul de accesibilitate a acestora, regimul elementelor nutritive în sol, reacţia solului, textura, aeraţia ş.a., indici de care depinde nutriţia, creşterea şi dezvoltarea plantelor.

De asemenea trebuiesc luate în calcul şi alte elemente care intervin în dezvoltarea plantelor, cum sunt; cultura premergătoare, fertilizarea organică la cultura curentă sau la cele anterioare, regimul pluviometric, efectul remanent al fertilizării minerale din anii anteriori, elemente care modifică însuşirile principale ale solului în raport cu nutriţia plantelor.

Spre exemplu, la culturile care urmează după leguminoase poate fi diminuată doza de azot proporţional cu cantitatea fixată în sol de cultura leguminoasă; la culturile irigate se recomandă doze mai mari de îngră-şăminte

ca urmare a condiţiilor favorabile de nutriţie create prin umiditatea asigurată; în cazul fertilizării anterioare sau directe cu îngrăşăminte organice se va diminua doza de îngrăşăminte chimice (N, P, K) proporţional cu cantitatea de elemente introdusă în sol cu îngrăşământul organic şi coefici-entul de disponibilitate a acestora.

În cadrul unui sistem de fertilizare, funcţie de obiectivele urmărite a fi atinse cu producţia agricolă, se poate vorbi despre doze optime tehnic (DOT) şi doze optime economic (DOE).

Doza optimă din punct de vedere tehnic este doza de îngrăşăminte la care se obţine maximul de producţie la o cultură.

Doza optimă economic este doza de îngrăşăminte la care se obţine beneficiul maxim la o cultură, în condiţiile în care şi ceilalţi factori de producţie sunt în optim; are valoare mai mică faţă de doza maximă (kg s.a./ha).

În cazul în care unitatea de producţie nu dispune de îngrăşăminte pentru fertilizarea în doze optime la toate culturile din cadrul sistemului agricol, se recomandă fertilizarea tuturor culturilor în doze moderate.

7.4.2. Procedee de stabilire a dozelor de îngrăşăminte

În condiţiile în care toate elementele tehnologice şi factorii de producţie sunt în optim în raport cu cerinţele plantelor de cultură, este relativ simplu a stabili dozele de îngrăşăminte dar, aşa cum deja am precizat, o abatere cât de mică atrage după sine modificări în întreg sistemul agricol şi prin urmare stabilirea dozelor de îngrăşăminte după o reţetă sigură nu este posibilă.

Există multe procedee de stabilire a dozelor de îngrăşăminte, cu o anumită relativitate, ceea ce face ca acest proces să prezinte un grad de dificultate ridicat.

7.4.2.1. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte organice

Materia organică din sol, reprezentată în principal prin humus ca formă stabilă a acesteia, are un rol important în caracterizarea solului sub aspectul însuşirii de fertilitate. Materia organică contribuie la regimul elementelor nutritive din sol, la îmbunătăţirea însuşirilor fizico-chimice şi biologice ale solului; conţinutul de humus din sol şi tendinţa privind modificările cantitative a acestuia reflectă echilibrul dinamic cu privire la regimul materiei organice din sol.

Aşa cum s-a prezentat în capitolele anterioare, sursele de materie organică pentru sol sunt reprezentate cu precădere de resturile vegetale ale culturilor, care oscilează destul de mult de la o cultură la alta şi de la un an agricol la altul. În ce priveşte cantitatea şi calitatea acesteia în vederea humificării, este dată de conţinutul în elemente nutritive, în special N şi în conţinutul de C, raportul C/N având un rol important în transformările materiei organice în sol, tabelul 7.2.

Culturile de cereale păioase în monocultură, rotaţiile simple grâu-porumb, plantele rădăcinoase şi tuberculifere fără aplicare de îngrăşăminte organice determină scăderea conţinutului de humus din sol, în timp ce leguminoasele anuale sau perene au un rol important în refacerea conţinutului de

humus şi a fertilităţi solului.

Tabelul 7.2

Resturile organice de la diferite culturi
rămase în sol pe adâncimea 0-25 cm (LIXANDRU şi col. 1990)

Cultura	Substanţă uscată (q/ha)	Cultura	Substanţă uscată (q/ha)
Trifoi roşu	99,7	Trifoi furajer de 1 an	30,0
Lucernă	108,1	Trifoi furajer de 2 ani	56,0
Sparcetă	66,2	Amestec de ierburi	28,0
Seradela	39,7	Cereale	14,0
Lupin	39,4	Sfeclă	8,0
Orz	22,2	Cartof	5,0

O altă sursă de materie organică este dată de îngrăşămintele organice, care însă nu întotdeauna sunt în cantităţi suficiente.

Din gunoiul de grajd aplicat solului 90-95% are efect de îngrăşământ şi doar 5-10% contribuie la formarea humusului, Lixandru şi col. 1990.

Pentru stabilirea dozelor de îngrăşăminte organice se poate ţine seama de două criterii cu perspective diferite:

-*bilanţul substanţei organice în sol în cadrul sistemului de agricultură*, o strategie cu efect pe termen lung ce vizează menţinerea sau creşterea conţinutului de materie organică stabilă (humus) din sol la nivelul permis de condiţiile naturale locale;

-*asigurarea parţială sau integrală imediată a elementelor nutritive pentru culturile din asolamentele practicate*, obiectiv pe termen scurt, cu efect imediat pentru culturile din anul curent.

În primul caz se va avea în vedere bilanţul humusului iar strategia de fertilizare va căuta să stabilească tipuri şi doze de îngrăşăminte organice astfel încât bilanţl să fie pozitiv, să se înregistreze o acumulare de humus în condiţiile date.

În cel de-al doilea caz se va avea în vedere necesarul culturilor în elemente nutritive, conţinutul şi gradul de disponibilitate a elementelor nutritive şi coeficientul de utilizare a acestora de culturile din primul an de la fertilizarea organică precum şi efectul remanent.

Funcţie de obiectivele urmărite fertilizarea organică poate fi sau nu asociată şi de fertilizare minerală.

Pentru stabilirea dozelor de îngrăşăminte organice atunci când se are în vedere asigurarea parţială sau totală a unui element nutritiv (ţinând seama de conţinutul disproporţionat al gunoiului de grajd în elemente nutritive) se are în vedere de obicei azotul, funcţie de acest element calculându-se doza de îngrăşământ organic.

Ca relaţie generală utilizată pentru stabilirea dozei de gunoi de grajd,

atât în cazul culturilor de câmp cât şi a plantaţiilor de pomi fructiferi sau viţă de vie, se utilizează formula propusă de BORLAN şi HERA (1980) (7.4).

$$Doza\ \ t/ha = \left(a + \frac{b}{IN}\right)\left(c - \frac{d}{Ag}\right)\left(\frac{0{,}4}{Ng}\right) \qquad (7.4)$$

unde:

a, b, c şi d - parametri stabiliţi pentru diferite grupe de culturi şi anumite

măsuri tehnologice; a = 15 pentru culturi de câmp şi culturi legumicole,

a = 20 pentru plantaţii de viţă de vie; b = 30 la culturi de câmp şi legume

cultivate în câmp, 40 pentru viţă de vie, 50 pentru pomii fructiferi; c = 1,35;

d = 8 pentru toate culturile;

IN – indicele de azot al solului stabilit pe baz aconţinutului de humus (H%)

şi a gradului de saturaţie în baze (V%);

Ag – conţinutul de argilă din stratul arat;

Ng – conţinutul de azot total din îngrăşământul organic pentru care se

calculează doza

Formula de calcul este recomandată pentru calcularea dozelor de îngrăşământ organic clasic (gunoi de grajd).

În cazul în care se utilizează alt îngrăşământ decât gunoiul de grajd, se înlocuieşte ultimul termen al relaţiei (7.4) cu raportul 22/SU, unde SU este conţinutul în substanţă uscată a îngrăşământului organic utilizat.

Dozele de îngrăşăminte organice se pot stabili şi pe seama unor tabele şi nomograme precalculate (BORLAN şi col. 1982).

Ca urmare a faptului că îngrăşămintele organice se obţin în cantităţi reduse în raport cu necesităţile de fertilizare organică a terenurilor agricole, la culturile de câmp şi plantaţiile pomi-viticole se utilizează doar strict funcţie de anumite cerinţe ridicate (la înfiinţarea culturilor perene – lucerniere, câmpuri de plante medicinale, la culturi anuale mari consumatoare de elemente nutritive cartof, efeclă furajeră, porumb siloz).

Având în vedere aceste aspecte generale, s-au stabilit anumite priorităţi la fertilizarea organică, plantele de cultură fiind grupate funcţie de importanţa la fertilizarea organică.

Grupa I: legume cultivate în spaţii protejate şi în câmp (tomate, castraveţi, dovlecei, conopidă, ardei, vinete, varză, conopidă), cartof, şcolile de viţă de vie la desfundare şi plantaţiile de portaltoi, pepinierele pomicole;

Grupa a II-a: sfeclă de zahăr şi furajeră, porumb boabe, porumb masă verde şi siloz, lucerniere la înfiinţare, plantaţiile de viţă de vie şi pomicole pe rod la desfundarea terenului pentru înfiinţarea plantaţiilor, iarbă de Sudan, floarea soarelui, tutun ş.a.

Grupa a III-a: cereale păioase, in, cânepă.

În cadrul fermelor ecologice, unde potrivit legislaţiei în vigoare este in-

terzisă utilizarea îngrăşămintelor chimice de sinteză se utilizează în mod curent îngrăşăminte organice: gunoi de grajd, turbă, mraniţă, composturi, îngrăşăminte verzi, guano, alte surse de materie organică cu respectarea cerinţelor prevăzute de legislaţia în vigoare. De asemenea structura culturilor este mult mai echilibrată, cu plante leguminoase cel puţin 25-30% în structura plantelor de cultură şi rotaţii mult mai eficiente pentru refacerea fertilităţii solului.

7.4.2.2. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte minerale

În cazul îngrăşămintelor minerale stabilirea şi optimizarea dozelor în scopul obţinerii producţiei scontate presupune calcularea şi administrarea unor cantităţi de substanţă activă care să asigure necesarul plantelor şi să evite fenomene de poluare a solului, apelor freatice sau producţiei agricole.

În acest sens ecuaţia generală formulată de Mitscherlich, precum şi altele care exprimă legea acţiunii factorilor de vegetaţie, pot fi utilizate pentru calcularea dozelor de îngrăşăminte, substanţă activă, care să asigure cerinţele plantelor pentru o anumită producţie, relaţia (7.5).

$$\lg(A-y)=\lg A-c_1 b-c_2 x \qquad (7.5)$$

unde:

A – recolta maximă (kg/ha);

Y – sporul de recoltă obţinut sub influenţa factorului d evegetaţie *x* (în cazul nostru îngrăşămintele);

c_1 – coeficient ce exprimă eficienţa factorului *b* (se determină experimental);

c_2 – coeficient care arată eficienţa îngrăşământului aplicat solului.

Din relaţia (7.5) se poate calcula doza de îngrăşământ prin exprimarea relaţiei respective sub o altă formă, relaţia (7.6).

$$x=\frac{\left[\lg A-\lg(A-y)-c_1 b\right]}{c_2} \qquad (7.6)$$

O problemă care se ridică este gradul de generalitare pentru coeficienţii utilizaţi, întrucât ei au valori diferite de la o zonă fitoclimatică la alta. Există în acest sens numeroase studii şi cercetări privind găsirea unor coeficienţi şi relaţii matematice cu valabilitate pentru arii mai mari şi creşterea gradului de generalizare a relaţiilor de calcul.

7.4.2.2.1. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte minerale prin relaţii matematice şi curbe de producţie

Pornind de la legea minimului, cu referire la îngrăşăminte, enunţată de Liebig, se poate observa că prin alocarea de doze crescânde de îngrăşăminte pentru completarea elementului deficitar se obţin sporuri de recoltă din ce în ce mai mici, care nu sunt proporţionale cu doza de îngrăşământ.

Sporul cel mai mare de recoltă se obţine la prima doză, scade pe măsura alocărilor suplimentare egale cantitativ cu doza iniţială, ca la un moment dat să se atingă un plafon la care recolta atinge o valoare maximă după care urmează o tendinţă descendentă, fig. 7.4.

Mitscherlich, în urma studiilor efectuate, a exprimat dependenţa sporului de recoltă de factorul de creştere adăugat prin ecuaţia cunoscută ca legea acţiunii factorilor de vegetaţie, rel. (7.7)

$$dy/dx = k(A-y), \qquad (7.7)$$

unde:

-*y* este sporul de recoltă obţinut sub influenţa factorului de vegetaţie *x*;
-*dy* este sporul infim de producţie sub influenţa factorului de creştere modificat într-o măsură (*dx);*
-*dy/dx* este proporţional cu recolta maximă (A);
-*k* este o constantă de proporţionalitate.

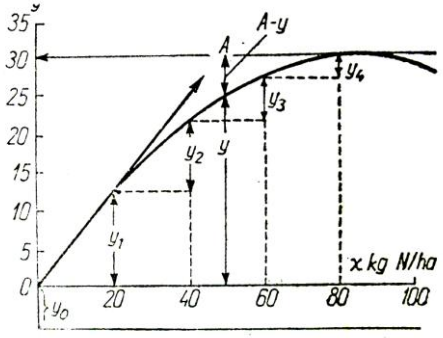


Fig. 7.4. Curba producţiei în funcţie de dozele crescânde de îngrăşământ, (LIXANDRU şi col. 1990):
y_0 – producţia formată sub acţiunea elementelor nutritive existente în sol;
y_1 – y sporuri de producţie bazate pe diferite doze de îngrăşăminte; A – recolta maximă posibilă.

Pornind de la această relaţie de bază au fost dezvoltate în timp o serie de funcţii matematice care caracterizează dependenţa între dozele de îngrăşăminte şi recoltă, fiind posibilă prognoza recoltei pe seama unor curbe de răspuns sau recomandarea dozei de îngrăşăminte pentru obţinerea unei anumite producţii.

În agricultura modernă producţia oricărei culturi depinde în mare măsură de îngrăşămintele chimice, de aceea aplicarea lor trebuie să se facă în modul optim posibil.

În continuare este prezentat un model matematic pentru determinarea dozelor optime de îngrăşăminte, util şi practic mai ales în condiţiile în care dispunem de cantităţi limitate de fertilizanţi (SALA şi col. 2007).

Modelul matematic propus vizează stabilirea proporţiilor optime între azot şi fosfor (N şi P) atunci când cantitatea totală N + P aplicată pe hectar este dată *t*, adică $N+P=t$. La fiecare *t* dat va fi o altă proporţie optimă între N şi P pentru ca producţia respectivă (de exemplu la grâu) să fie maximă.

Pentru acest lucru se va determina mai întâi legătura funcţională, matematică, între producţie şi dozele de îngrăşăminte.

Notând cu x doza de azot, cu y doza de fosfor şi cu $f(x,y)$ producţia ca funcţie de cele două variabile, această dependenţă se găseşte cel mai bine cu ajutorul unei ecuaţii diferenţiale. Căutăm pentru aceasta mai întâi funcţia $f(x)$.

Admiţând faptul că sporul de producţie $\frac{dt}{dx}$ este proporţional nu cu deficitul de saturaţie $a-f(x)$ (care ar fi o dependenţă prea slabă) ci cu $a^2-f^2(x)$, adică:

$$\frac{df}{dx}=K_1(a^2-f^2) \qquad (7.8)$$

unde: a este producţia maximă, de saturaţie,
K este o constantă de proporţionalitate.

Relaţia (6.2) este o ecuaţie diferenţială care se rezolvă:

$$\frac{df}{a^2-f^2}=K_1dx$$

$$\int\frac{df}{a^2-f^2}=K_1\int dx+C_1$$

$$-\frac{1}{2a}\ln\frac{a-f}{a+f}=K_1x+C_1$$

de unde:

$$f(x)=a\cdot th\left[K(x+x_0)\right] \qquad (7.9)$$

$th\,x$ este funcţia tangentă hiperbolică şi se exprimă:

$$th\,x=\frac{1-e^{-2x}}{1+e^{-2x}}$$

Relaţia (6.3) este soluţia ecuaţiei (6.2) şi reprezintă dependenţa producţiei de doza x (de N).

În mod analog rezultă dependenţa producţiei faţă de cel de-al doilea

îngrăşământ y (de P), dacă ar fi aplicat tot singur:

$$f(y) = b \cdot th\left[K_2(y - y_0)\right] \qquad (7.10)$$

În cazul în care se aplică ambele îngrăşăminte, producţia f(x,y) va fi o combinaţie între formulele (2) şi (3), cum ar fi:

$$f(x,y) = a \cdot th\left[K_1(x + x_0)\right] + b \cdot th\left[K_2(y + y_0)\right] + c\left\{1 - th\left[K_1(x + x_0)\right] th\left[K_2(y + y_0)\right]\right\} \qquad (7.11)$$

Primii doi termeni din relaţia (6.5) reprezintă contribuţia separată a celor două îngrăşăminte la producţie iar ultimul termen reprezintă efectul interacţiunii.

Am presupus că acest efect scade pe măsură ce dozele de îngrăşăminte se apropie de saturaţie. La limită, teoretic când x şi z tind la infinit, cele două tangente hiperbolice tind la 1 şi ultimul termen devine 0.

Constantele din (4) se determină din condiţii iniţiale ţinând seama de datele experimentale.

Presupunem acum că suma cantităţilor de îngrăşăminte este limitată, adică:

$x + y = t$, de unde $y = t - x$

Atunci relaţia (4) devine:

$$f(x,t) = a\,th\left[K_1(x = x_0)\right] + b\,th\left[K_2(t - x + y_0)\right] + c\left\{1 - th\left[K_1(x + x_0)\right] th\left[K_2(t - x + y_0)\right]\right\} \qquad (7.12)$$

Maximul funcţiei (6.6) se află prin anularea derivatelor în raport cu x:

$$\frac{df}{dx} = \frac{aK_1}{ch^2\left[K_1(x + x_0)\right]} - \frac{bK_2}{ch^2\left[K_2(t - x + y_0)\right]} - \frac{cK_2 th\left[K_2(t - x + y_0)\right]}{ch^2\left[K_1(x + x_0)\right]} + \frac{cK_2 th\left[K_1(x + x_0)\right]}{ch^2\left[K_2(t - x + y_0)\right]} = 0 \qquad (7.13)$$

unde $ch\,x$ este funcţia cosinus hiperbolic şi are expresia:

$$ch\,x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$$

Soluţia ecuaţiei (6.7) dă valoarea maximă pentru producţia $f(x,y)$ şi pentru un *t* dat. Pentru altă valoare a lui *t* se obţine altă soluţie optimă etc.

Datele experimentale prezentate în tabelul 7.3 reprezintă producţiile medii pe 15 ani (1985-1999) la grâu de toamnă pe un preluvosol de la Sânandrei judeţul Timiş (comunicate de către Irina ŢĂRĂU şi col. 2002).

Tabelul 7.3

Rezultate experimentale la grâu

N / P	0	50	100	150	200
0	2383	3562	4155	4379	4438
50	2656	3922	4751	5052	5076

100	2817	4105	4913	5170	5201
150	2996	4265	4837	5304	5250

Pentru determinarea constantelor se pune condiţia ca relaţia (7.14) să verifice diferite valori cheie din tabelul 7.4 cum ar fi:

$$f(100,0) = a\,thK_1(100+x_0) + bthK_2y_0 + c\{1-[thK_1(x_0+100)]thK_2y_0\} = 4155, \quad (7.14)$$

rezultă valorile constantelor:
a = 4000; b = 1400; c = 150
x_0 = 36,82; y_0 = 30
K_1 = 0,01159; K_2 = 0,01

Reprezentând grafic funcţia (7.11), cu valorile constantelor găsite, precum şi cu datele experimentale din tab. 7.3, rezultă graficele din fig. 7.5, 7.6, 7.7, 7.8.

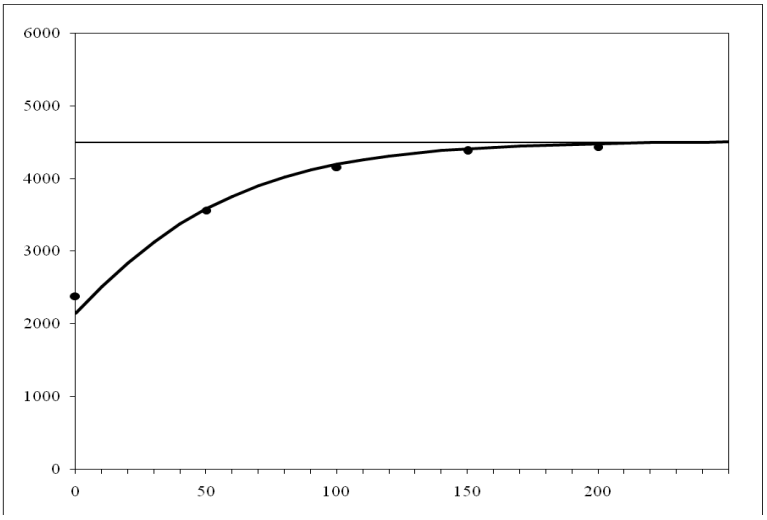


Fig. 7.5. Producţia în funcţie de N la P = 0
— Curbă teoretică; • date experimentale

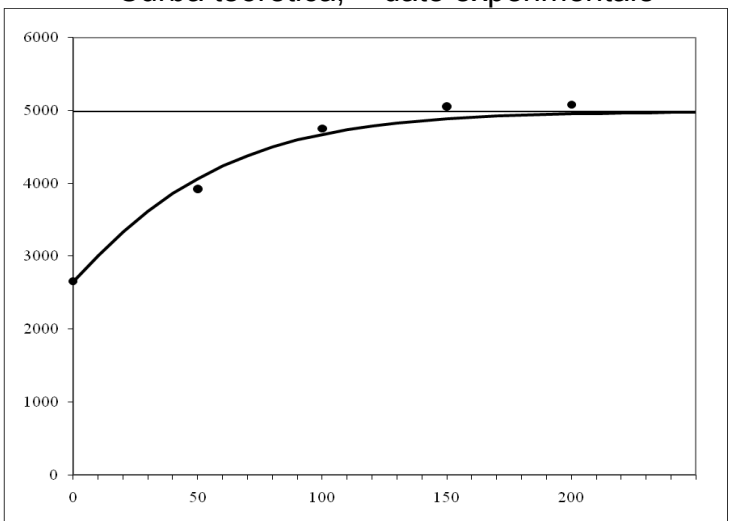


Fig. 7.6. Producţia în funcţie de N la P = 50
— Curbă teoretică; • date experimentale

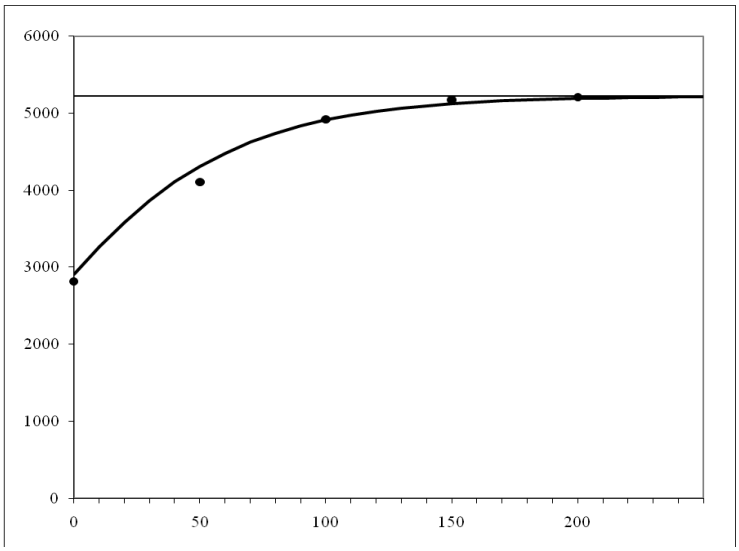


Fig. 7.7. Producţia în funcţie de N la P = 100
— Curbă teoretică; • date experimentale

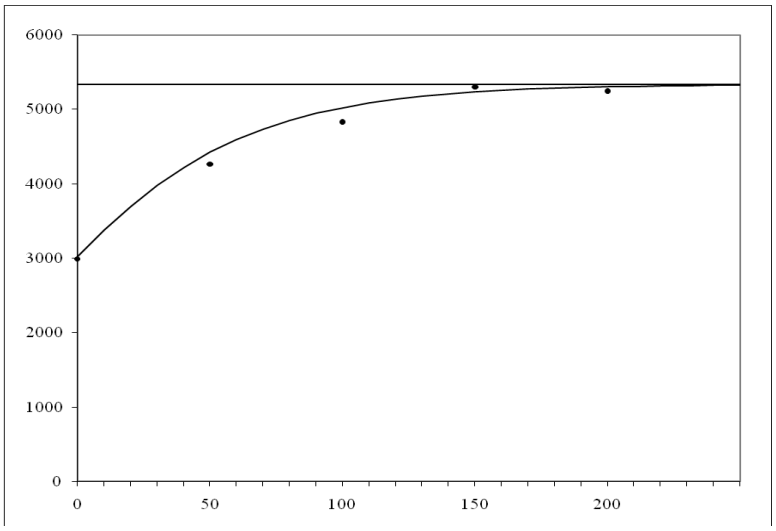


Fig. 7.8. Producţia în funcţie de N la P =150
— Curbă teoretică; • date experimentale

Din aceste grafice se constată o bună concordanţă între curbele teoretice (liniile continue) şi datele experimentale (punctele marcate).

Determinarea soluţiilor optime. Se dau diferite valori pentru cantitatea totală de îngrăşăminte *t* şi se rezolvă de fiecare dată ecuaţia (7.14), rezultatele fiind trecute în tabelul 7.4 şi reprezentate grafic în fig. 7.9.

Tabelul 7.4

Tabelul soluţiilor optime (N şi P) şi a producţiilor maxime (f_{max})

t (x + y)	x (N)	y (P)	x %	y %	f_{max}
25	25	0	100	0	2733.4
50	50	0	100	0	3296.8
75	75	0	100	0	3704.7
100	93	7	93.0	7.0	3991.3
125	100	25	80.0	20.0	4234.4
150	**108**	**42**	**72.0**	**28.0**	**4447.5**
175	118	57	67.4	32.6	4630.5
200	127	73	63.5	36.5	4785.8
225	138	87	61.3	38.7	4915.7
250	148	102	59.2	40.8	5023.9
275	159	116	57.8	42.2	5113.0
300	170	130	56.7	43.3	5186.2
325	181	144	55.7	44.3	5246.1
350	192	158	54.9	45.1	5294.8

Dependenţa dintre producţie şi dozele de îngrăşăminte se obţine cel mai bine cu ajutorul funcţiilor hiperbolice.

Din tabelul 7.4 precum şi din fig. 7.9 putem citi, pentru un *t* oarecare dat, care sunt dozele optime de azot (N) şi fosfor (P) în kg/ha sau procente, precum şi producţia maximă.

Exemplu: *t* = 150 → N = 108 kg/ha; N = 72,0 %; P = 42 kg/ha; P = 28,0 %;

Tot din tabelul 7.4 şi fig. 7.9 rezultă că fosforul (P) intră în proporţia optimă începând de la *t* (suma lui P şi N) = 75 kg/ha, la început în proporţie mai mică dar în creştere până la 45%.

Constantele determinate nu sunt universale, ele depinzând de cultura respectivă (chiar de soi sau hibrid), de sol şi condiţiile meteorologice, chiar dacă datele experimentale luate în calcul sunt medii pe 15 ani.

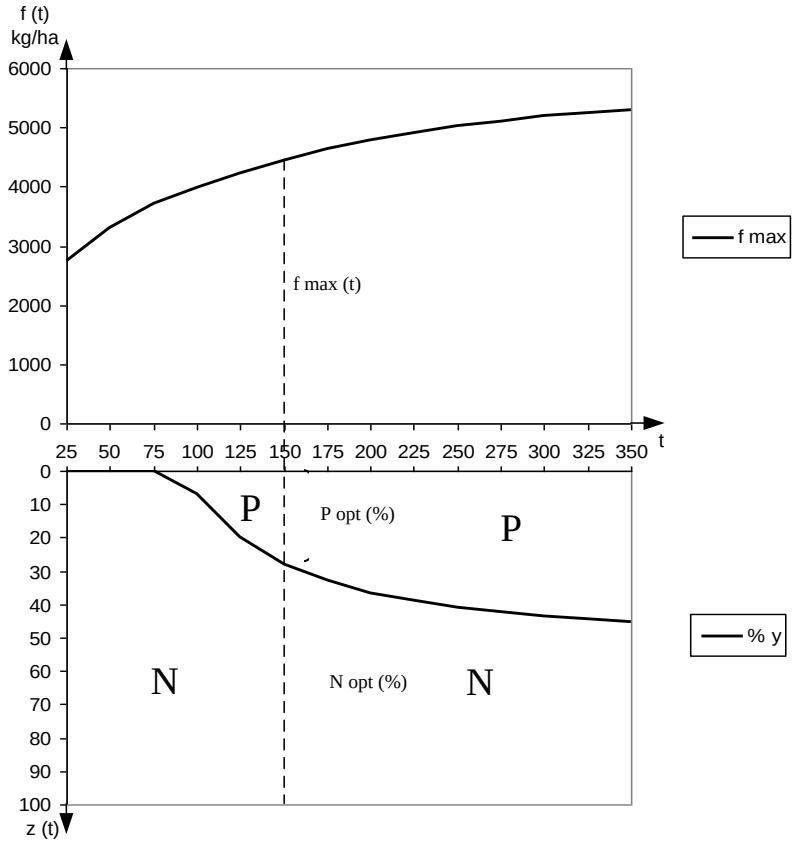


Fig. 7.9. Producţiile maxime şi procentele optime de îngrăşăminte (NP) în alcătuirea dozei de fertilizare la cultura de grâu.

7.4.2.2.2. Stabilirea dozelor de îngrăşăminte minerale prin metoda bilanţului

În stabilirea dozelor de îngrăşăminte pe această cale se ţine seama de necesarul plantelor de cultură în elemente nutritive pentru realizarea producţiei agricole şi de rezerva solului în elementele respective, forme accesibile plantelor, diferenţa dintre cele două categorii de elemente reprezentând doza ce trebuie aplicată.

Pentru aceasta se calculează doza de îngrăşământ care să asigure plantelor necesarul nutritiv pentru realizarea producţiei calculată pe baza notei de bonitare, cu o relaţie generală de tipul:

$$N, P, K\ kg/ha = \frac{100\,(Rs \cdot Cs) - (B - C_1)}{C_2} \cdot F \qquad (7.\ 15)$$

unde:

100 – reprezintă limita superioară posibilă de utilizare a elementului de către

cultură pentru realizarea recoltei scontate;

Rs – recolta scontată, t/ha;
Cs – consumul specific al elementului nutritiv (N, P, K);
B – rezerva solului în elementul respectiv;
C_1 – coeficient de utilizare a a elementului din rezerva solului;
C_2 – coeficient de utilizare a elementului din îngrăşământul aplicat;
F – factor de corecţie ale în raport cu condiţiile experimentale.

În cazul în care, spre exemplificare, am lua în calcul azotul (N) pentru stabilirea dozei de îngrăşăminte cu azot, doza calculată cu formula anterioară este corectată funcţie de celelalte elemente ale bilanţului în sol.

Astfel se iau în calcul, ca elemente pozitive de bilanţ, intrările azotului reprezentate de:

- azotul provenit din mineralizarea humusului,
- azotul provenit din precipitaţiile atmosferice;
- azotul provenit din activitatea bacteriilor nesimbiotice fixatoare de azot;
- azotul provenit din activitatea bacteriilor simbiotice;
- azotul rezidual provenit din resturile vegetale ale culturii anterioare;
- azotul provenit din îngrăşămintele organice administrate direct sau culturii premergătoare;

De asemenea se va ţine seama de posibilele pierderi ale azotului, reprezentate pentru cultura în curs de pierderile de azot prin levigare.

Toate aceste elemente constituie factori de corecţie ai dozei teoretice calculate iniţial, rezultând doza de îngrăşământ (azot în cazul exemplului de faţă) în kg s.a. /ha.

În raport cu tipul de îngrăşământ, produs comercial, se va calcula cantitatea ce urmează a fi administrată la unitatea de suprafaţă.

Stabilirea dozelor de fertilizanţi pot fi efectuate pe baza unor experienţe de câmp cu îngrăşăminte, rezultatele experimentale fiind valabile ca recomandări pentru zona în care au fost efectuate experienţele, caracterizate prin condiţii pedoclimaterice similare.

Pot fi utilizate de asemenea şi tabele şi nomograme cu doze de îngrăşăminte precalculate funcţie de anumite condiţii pedoclimatice, însuşiri ale solului şi producţii estimate.

7.5. Tipuri de fertilizare funcţie de momentul şi metoda aplicării

Sortimentul mare de îngrăşăminte şi diversitatea formelor de condiţionare a acestora, fac ca aplicarea îngrăşămintelor să se poată face la diferite momente şi în diferite moduri.

Îndiferent de momentul sau modalitatea aplicării, îngrăşămintele trebuiesc administrate uniform, în cantităţi suficiente funcţie de recolta scontată şi consumul specific al plantelor, coeficientul de valorificare de către plante să fie maxim posibil şi fără a produce plantelor efecte de toxicitate sau de poluare pentru mediu.

În funcţie de momentul aplicării îngrăşămintelor, fertilizarea poate fi de mai multe tipuri şi anume:

Fertilizare de bază; îngrăşămintele se aplică anual înainte de semănat sau plantat, toamna sau primăvara timpuriu şi se încorporează în sol prin di-

ferite lucrări ale solului.

Scopul acestei fertilizări este de a asigura o nutriţie optimă pe durata întregii perioade de vegetaţie. Funcţie de proprietăţile fizico-chimice şi a gradului de accesibilitate a îngrăşămintelor, pentru această fertilizare se utilizează îngrăşămintele cu fosfor şi cele cu potasiu, de asemenea îngrăşămintele organice (gunoiul de grajd).

Această fertilizare la rândul ei poate fi:

- *fertilizare de fond* sau de stocare a îngrăşămintelor şi se efectuează odată cu lucrările adânci ale solului (desfundarea), când se încorporează în sol cantităţi mari de îngrăşăminte cu fosfor şi potasiu pentru o perioadă de 3-4 ani până la 10-15 ani (lucerniere, pajişti artificiale, livezi, plantaţii viticole), precum şi amendamente dacă este necesar;

- *fertilizare de bază anuală*, corelată cu lucrarea de bază a solului când se aplică cea mai mare parte din îngrăşămintele cu fosfor şi potasiu, precum şi îngrăşămintele organice (gunoi de grajd, turbă, compost ş.a.);

Fertilizarea principală (odată cu semănatul sau plantatul), urmăreşte asigurarea plantelor cu elemente nutritive în primele faze de vegetaţie, îngrăşămintele fiind aplicate în apropierea seminţei sau răsadului (pe rând, la cuib ş.a.). Fertilizarea odată cu plantatul se aplică şi la pomii fructiferi şi viţa de vie, adăugându-se în groapa de plantare îngrăşăminte organice;

- *fertilizarea în timpul vegetaţiei (suplimentară)* are scopul de a completa cerinţele plantelor în anumite perioade de vegetaţie şi de a ridica coeficientul de utilizare a îngrăşămintelor.

Aplicarea îngrăşămintelor se poate face manual (în grădina casei, pe suprafeţe mici, pe terenuri denivelate, spaţii verzi ş.a.) sau mecanizat cu maşini şi echipamente speciale funcţie de tipul de îngrăşământ şi metoda de aplicare.

Întrebări

1. Care sunt factorii care condiționează aplicarea îngrășămintelor?
2. Care este importanța solului în stabilirea tipului și dozelor de îngrășăminte?
3. Care este importanța structurii de culturi, a asolamentului și rotației pentru stabilirea dozelor de îngrășăminte?
4. Care este importanța cunoașterii consumului specific al culturilor în stabilirea necesarului de elemente nutritive?
5. Relația sol – planta de cultură – recoltă în stabilirea dozelor de îngrășăminte.

BIBLIOGRAFIE

BĂJESCU IRINA, CHIRIAC AURELIA, *Distribuţia microelementelor în solurile din România*, Ed. Ceres, Bucureşti, 1984.

BORLAN Z., HERA C., *Optimizarea agrochimică a sistemului sol-plantă*, Ed. Academiei RSR, 1984.

BORLAN Z., HERA C., BUNESCU O., *Agrochimia fosforului*, *aspecte actuale de interes practic şi ştiinţific*, Ed. Ceres, Bucureşti, 1990.

BORLAN Z., HERA C., *Fertilitatea şi utilizarea solurilor (Compediu de Agrochimie)*, Ed. Ceres, 1994.

COIC Y., COPPENET M., *Les oligo-éléments en agriculture et elevage*, INRA, 1989.

CRISTA F., RADULOV ISIDORA, SALA F., *Agrochimie – Aplicații practice*, Editura Agroprint, 2009, ISBN: 978-973-8287-67-9.

DAVIDESCU D., DAVIDESCU VELICICA, *Testarea stării de fertilitate prin plantă şi sol*, Ed. Academiei, Bucureşti, 1972.

DAVIDESCU D., BORLAN Z., DAVIDESCU VELICICA, HERA C., *Fosforul în agricultură,* 2, Ed. Academiei, Bucureşti, 1974.

DAVIDESCU D., DAVIDESCU VELICICA, CALANCEA L., HANDRA MARGARETA, PETRESCU O., *Azotul în agricultură*, Ed. Academiei, Bucureşti, 1976.

DAVIDESCU D., DAVIDESCU VELICICA, *Potasiul în agricultură*, Ed. Academiei, 1979.

DAVIDESCU D., DAVIDESCU VELICICA, *Agrochimie modernă*, Ed. Academiei, Bucureşti, 1981.

DAVIDESCU D., DAVIDESCU VELICICA, *Teste agrochimice de teren şi laborator*, Ed. Ceres, Bucureşti, 1983.

DAVIDESCU D., DAVIDESCU VELICICA, LĂCĂTUŞU R., *Sulful, calciul şi magneziul în agricultură*, Ed. Academiei, Bucureşti, 1984.

DAVIDESCU D., DAVIDESCU VELICICA, *Agrochimia în sprijinul producţiei*, Ed. Ceres, Bucureşti, 1987.

DAVIDESCU D., DAVIDESCU VELICICA, LĂCĂTUŞU R., *Microelementele în agricultură*, Ed. Academiei, 1988.

DAVIDESCU D., DAVIDESCU VELICICA *Agrochimie horticolă,* Ed. Academiei Române, Bucureşti, 1992.

DORNEANU A., *Concepţii moderne în fertilizarea organică a solului*, Ed. Ceres, Bucureşti 1984.

FINK A., *Fertilizers and Fertilization*, Verlag Chemie, Keinheim, Deenfield Beach Florida, Basel, 1982.

GOIAN M., *Agrochimie*, Lito IAT 1985, Timişoara.

GOIAN M., *Agrochimie*, Ed. Marineasa, Timişoara, 2000.

GOIAN M., SALA F., BAN CORINA, BERBECEA ADINA, RADULOV ISIDORA, *Lucrări practice de agrochimie*, Timişoara, 1999.

GOIAN M., OTIMAN P.I., BORZA I., GERGEN I., GOIAN MARIA,

SÂMBOTIN L., RĂDULESCU HORTENSIA, SALA F., *200 de probleme de fertilizare rezolvate*, Ed. Mera şi Prouniversitaria, Bucureşti, 1993.
GOIAN M., BORZA I., PĂLĂGEŞIU I., SÂNEA N., SALA F., BERAR V., KISS A., *Fertilizarea şi protecţia plantelor horticole*, Ed. Mirton, Timişoara, 1997.
HUGUET C., COPPENET M., *Le magnesium en agriculture*, INRA, Comifer, 1992.
IANOŞ Gh., GOIAN M., *Solurile Banatului,* vol. I 1995, vol. II 1997, Ed. Mirton, Timişoara.
LIXANDRU GH., CALANCEA L., CARAMETE C., MARIN N., GOIAN M., BORLAN Z., HERA CR., RĂUŢĂ C., *Agrochimie*, Ed. Didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1990.
MISRA R.V., ROY R.N., HIRAOKA H., *On farm composting methods*, FAO Rep. Roma 2003.
SALA F., *Agrochimie*, Editura Marineasa, Timișoara 2005, ISBN: 973-631-267-4.
SALA F., *Agrochimie*, Editura Eurobit, Timișoara 2007, ISBN: 978-973-620-298-8.
SALA F., *Agrochimie*, Editura Eurobit, Timișoara, 2011, ISBN: 978-973-620-878-2.
SONEA V., ECHIM I., JIDAV L., VOICAN V., *Mică enciclopedie horticolă*, Ed. Ştiinţifică şi enciclopedică, Bucureşti, 1983.
ZAPATA F., ROY N.R., *Useof phosphate roks for sustainable agriculture*, FAO, Roma 2004.
x x x *Developmentof K – Fertilizer Recommendation*, Int. K Inst. Bern, Sw. 1990.
x x x *Current world fertilizer trends and outlook to 2008/09*, FAO, Rep. Roma, 2004.
x x x *Guide to efficient plant nutrition management*, FAO, Rep., Roma 1998.

Explicarea simbolurilor utilizate

- **Rezumate.** Simbolul indică prezentarea în rezumat a conţinutului unităţii de învăţare

- **Atenţie**. Acest simbol vă indică mărirea atenţiei asupra paragrafului sau imaginii unde este întâlnit.

- **Observă**. Acest simbol indică observarea cu atenţie a imaginii.

- **Concepte şi noţiuni de reţinut.** Simbolul indică prezentarea unor elemente de bază ce trebuie studiate cu atenţie şi reţinute.

- **Întrebări**. Încercaţi să daţi răspuns la aceste întrebări.

- **Bibliografie**